

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
( Н И У « Б е л Г У » )

ИНСТИТУТ ИНЖЕНЕРНЫХ И ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ  
ЗАПИСЕЙ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

Выпускная квалификационная работа  
обучающегося по направлению подготовки  
12.03.04 Биотехнические системы и технологии  
группы 12001514, очной формы обучения  
Щербины Елисея Владимировича

Научный руководитель  
к.т.н., доцент, Сурушкин М.А.

БЕЛГОРОД 2019

## РЕФЕРАТ

Разработка информационной системы хранения записей физиологических данных. Щербина Елисей Владимирович, выпускная квалификационная работа бакалавра, Белгород, Белгородский государственный национальный исследовательский университет (НИУ «БелГУ»), количество страниц 62, включая приложения 63, количество рисунков 41, количество таблиц 1, количество использованных источников 24.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** информационная система, хранение записей, хранение физиологических сигналов, физиологические сигналы.

**ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ:** процесс сбора и подготовки к обработке записей физиологических сигналов.

**ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ:** инструментальное средство подготовки к обработке физиологических сигналов.

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:** обеспечение возможности быстрого доступа к записям физиологических сигналов, а также их визуализации за счет разработки информационной системы хранения этих записей.

**ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ:** обзор существующих систем хранения записей физиологических данных; анализ методологий проектирования ИС; создание концептуальной модели информационной системы хранения записей физиологических данных; создание логической и физической модели базы данных информационной системы; программная реализация информационной системы хранения записей физиологических данных.

**ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:** в результате работы была спроектирована и реализована информационная система хранения записей физиологических данных, которая обладает необходимыми качествами для комфортного использования, а именно: быстрота и свободный доступ к записи физиологических сигналов, интуитивно понятный графический интерфейс, простота в использовании фильтров и других инструментов системы, большим перечнем физиологических исследований, возможностью экспорта в различных форматах и визуализацией имеющихся сигналов в режиме онлайн, универсальностью системы, что обеспечивает возможность добавления любых физиологических исследований.

## СОДЕРЖАНИЕ

|   |    |
|---|----|
| ВВЕДЕНИЕ .....  | 5  |
| 1 Основные вопросы проектирования систем хранения сигналов .....  | 7  |
| 1.1 Описание некоторых физиологических сигналов .....   | 7  |
| 1.2 Практика хранения физиологических сигналов .....  | 18 |
| 1.3 Описание некоторых методологий проектирования систем .....  | 26 |
| 2 Проектирование информационной системы хранения сигналов .....   | 32 |
| 2.1 Концептуальная модель разрабатываемой информационной системы.....   | 32 |
| 2.2 Описание хранилища записей сигналов системы .....   | 36 |
| 2.3 Алгоритмы реализации функций .....  | 38 |
| 2.4 Структуры информационной системы .....  | 42 |
| 3 Программная реализация информационной системы хранения записей<br>физиологических сигналов .....  | 46 |
| 3.1 Реализация графического интерфейса пользователя .....   | 46 |
| 3.2 Реализация графического интерфейса администратора .....   | 53 |
| 3.3 Оценка эффекта от внедрения информационной системы в процесс сбора и<br>подготовки к обработке записей физиологических сигналов ..... | 57 |
| ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....  | 58 |
| СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....   | 60 |

## ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ, ЕДИНИЦ И ТЕРМИНОВ

ЭКГ – электрокардиограмма.

ЭМГ – электромиография.

ЭЭГ – электроэнцефалограмма.

ИС – информационная система.

ИБС – ишемическая болезнь сердца.

АВ – атриовентрикулярный (узел).

мВ – милливольт.

ДЕ – двигательная единица.

ПО – программное обеспечение.

## ВВЕДЕНИЕ

Медицинская диагностика играет ключевую роль в обнаружении и лечении различных заболеваний.

Именно благодаря функциональной диагностики, врач может подтвердить тот или иной диагноз, назначить верное лечение пациенту и контролировать изменения в организме во время лечения. Современное здравоохранение находится на высоком уровне за счёт интеграции информационных технологий в медицину. Однако на сегодняшний день информационные технологии внедрены отнюдь не во все сферы медицинской практики, в частности практически отсутствуют большие банки данных, содержащие специальные материалы – результаты ЭКГ, ЭЭГ, ЭМГ большого количества пациентов за длительный период времени. Это затрудняет оценку динамики состояния здоровья, факторов, влияющих на это состояние и, следовательно, осложняет правильную интерпретацию результатов биомедицинских данных студентами, изучающими вопросы анализа биомедицинских данных, а также начинающими врачами.

Существуют банки данных при лечебных учреждениях в виде архивов историй болезни. Однако в связи с конфиденциальностью персональных данных они не доступны для широкого круга лиц.

Для решения этой проблемы создаются информационные ресурсы, в которых имеется большой перечень медицинских исследований, которые не несут персональной информации. Одним из примеров таких ресурсов является интернет-банк данных «PhysioNet». Однако данный ресурс выполнен на английском языке, что затрудняет его использование в России. Также этот ресурс имеет сложный и интуитивно непонятный интерфейс, отсутствие универсальности в формате хранения и обработки физиологических сигналов – разные базы имеют разные форматы. Для работы с этими базами требуется различные специальные программы.

В тоже время полезными при изучении биомедицинских сигналов являются сведения о регионе проживания испытуемого, возрасте, поле, поставленном диагнозе и т.д., которые не относятся к идентификационным персональным данным. Таким образом, сохранится анонимность испытуемого, а молодые специалисты получают специализированные инструменты, предоставляющие всю необходимую информацию о записях сигналов.

Решением данной проблемы является создание информационной системы хранения физиологических данных с понятным русифицированным интерфейсом, свободным доступом за счет деперсонализации данных, большим перечнем физиологических исследований, с единым форматом хранения различных данных, возможностью экспорта в различных форматах и визуализацией имеющихся сигналов в режиме онлайн.

Цель выпускной квалификационной работы: обеспечение возможности быстрого доступа к записям физиологических сигналов, а также их визуализации за счет разработки информационной системы хранения этих записей. Для выполнения данной цели, необходимо решить следующие задачи:

Задачи:

- обзор существующих систем хранения записей физиологических данных;
- анализ методологий проектирования ИС;
- создание концептуальной модели информационной системы хранения записей физиологических данных;
- создание логической и физической модели базы данных информационной системы;
- разработка структуры системы;
- программная реализация информационной системы хранения записей физиологических данных.

# 1 Основные вопросы проектирования систем хранения сигналов

## 1.1 Описание некоторых физиологических сигналов

В настоящее время, человечество научилось регистрировать различные электрофизиологические сигналы, которые возникают при работе той или иной системы в человеческом организме. Самыми распространенными же являются следующие:

- электромиограмма (ЭМГ);
- электроэнцефалограмма (ЭЭГ);
- электрокардиограмма (ЭКГ).

ЭМГ – это метод исследования биоэлектрических потенциалов, возникающих в скелетных мышцах человека и животных при возбуждении мышечных волокон, другими словами – регистрация электрической активности мышц. Исследование ЭМГ делается при помощи специализированного прибора – электромиографа, вид которого показан на рисунке 1.1. Функции данного аппарата заключаются в записи, усилении и оценке импульсов, исходящих от мышцы в состоянии покоя и сокращения.



Рисунок 1.1 – Электромиограф «Synapsis»

При обнаружении нарушений двигательной активности, связанных, предположительно, с поражениями нервной системы в различных ее частях, назначается электромиография. Анализ проводится на основе полученных биоэлектрических потенциалов, на основе которого можно совершенно точно определить характер нарушений (миелинопатия, аксонопатия), а также место, уровень и степень повреждения нервных тканей.

Первой целью исследования является дифференциальная диагностика нарушений системы взаимодействия нервной и мышечной систем: миастений, мышечных дистрофий, патологий, при которых происходит разрушение двигательных нейронов центральной нервной системы.

Электромиография уточняет присутствие повреждений чувствительных волокон, признаков перерождения нервных тканей, причины снижения массы мышечных тканей, особенности нейромышечной передачи. При повреждении нервных волокон изучается, повреждена их миелиновая оболочка или осевые цилиндры, затронуты только корешки, ствол нерва целиком или все вместе.

Сегодня существует несколько методов проведения исследования, основные будут описаны ниже.

*Поверхностное.* При использовании этого неинвазивного метода электроды накладываются на всей поверхности рук, ног, шеи, других частей тела в зависимости от области поражения. Проводится детям и больным с нарушением вязкости крови. Этот метод помогает оценить состояние большой площади мышечной ткани. Однако, у данного метода существует недостаток, такой как относительно низкая чувствительность, положительной стороной является то, что не вызывает болезненных ощущений.

*Игольчатое (локальное).* Данный метод осуществляется при использовании игольчатого электрода, который представляет из себя тонкую иглу, которую необходимо ввести прямо в мышечную ткань. Этот метод считается более информативным, так как электромиограф получает связь непосредственно с исследуемой мышцей. Метод является инвазивным.



Электроды могут устанавливаться на поверхности лица для оценки функциональности седалищного нерва, лицевых мышц.

*Стимуляционное.* Данный метод диагностики проводится с применением игольчатых и поверхностных электродов, вызывающих неконтролируемое больным сокращение мускулатуры. Этот метод используется при возникновении подозрений на нарушение проводимости нервов.

Схематическое представление двигательной единицы и модели генерации сигнала ЭМГ показано на рисунке 1.2.

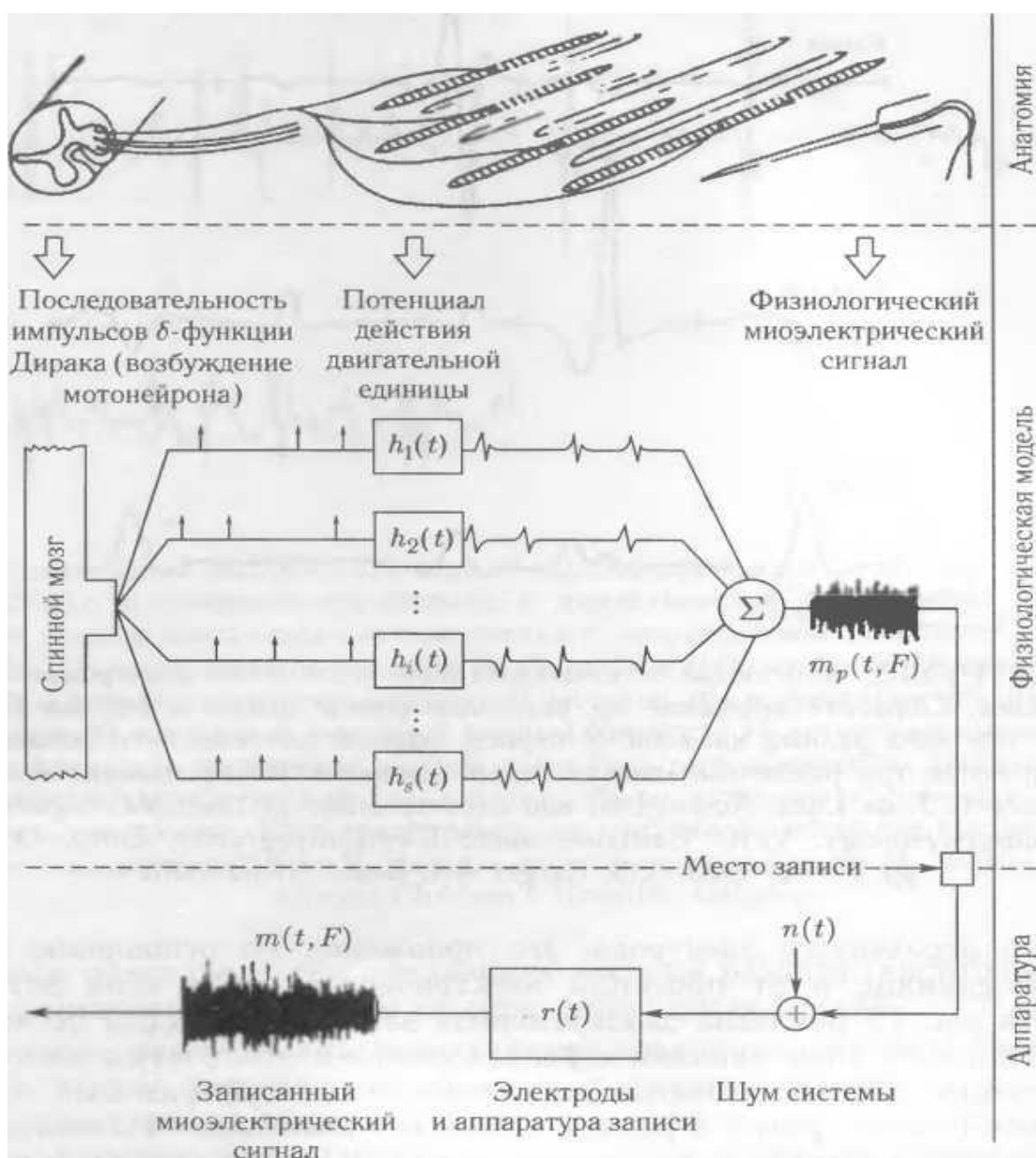


Рисунок 1.2 – Схематическое представление двигательной единицы и модели генерации сигнала ЭМГ.

Стоит отметить, что из сокращающихся волокон, состоят скелетные мышцы, которые в форме механического сокращения отдают особенный отклик на одиночный стимул и создают распространяющийся потенциал действия. Совокупность двигательных единиц (ДЕ) представляют собой скелетные мышцы каждая из них состоит из передней роговой клетки (двигательного нейрона или мотонейрона), её аксона и всех мышечных волокон, иннервируемых этим аксоном. ДЕ считается самой маленькой мышечной структурой, которая может быть активизирована усилием воли. Волокна, составляющие ДЕ, активизируются синхронно. Данные волокна вдоль всей мышцы вытянуты свободными пучками. В сечении можно заметить, что волокна каждой ДЕ перемежаются с волокнами других ДЕ [10, 22, 24]. На рисунке 1.2 (в верхней части) схематично изображена двигательная единица [24].

Большие мышцы, которые используются для осуществления больших движений, имеют в себе сотни волокон в каждой ДЕ, а меньшее количество волокон в каждой ДЕ имеют мышцы, которые используются для точных движений. Одно двигательное нервное волокно приходящихся на количество мышечных волокон, известно как коэффициент иннервации (innervation ratio). К примеру, приводится оценка которая выглядит следующим образом: 1826 больших нервных волокон имеет подкожная мышца шеи, которая в свою очередь контролирует 27100 мышечных волокон, которые объединены в 1096 ДЕ, что даёт коэффициент иннервации который равен 15, тогда как первая тыльная мышца пальца имеет 40500 мышечных волокон и 199 больших нервных волокон, которые объединены в 119 ДЕ (то есть, этот коэффициент иннервации будет равен 203). Механическое сокращение мышцы является суммарным результатом стимуляции и сокращения некоторых её ДЕ.

Электроэнцефалограмма – это визуальное отображение сложного колебательного электрического процесса, который снимается электроэнцефалографом. Его электроды размещаются на головном мозге или поверхности скальпа, и диагност получает результат электрической суммации и

филтрации элементарных процессов в нейронах. На рисунке 1.3 показан общий вид снятия электроэнцефалограммы.



Рисунок 1.3 – общий вид снятия электроэнцефалограммы

Энцефалограмма головы представляет собой диагностику жизненно важного органа путём воздействия на его клетки электрическими импульсами. Метод определяет биоэлектрическую активность головного мозга, и является очень информативным и самым точным, так как отображает полную клиническую картину:

- уровень и распространение воспалительных процессов;
- наличие патологических изменений в сосудах;
- ранние признаки эпилепсии; опухолевые процессы;
- степень нарушения мозгового функционирования вследствие патологий нервной системе;
- последствия инсульта или оперативного вмешательства.

Другими словами, человеческий мозг имеет огромное количество нейронов, связанных друг с другом синаптическими связями. Каждый нейрон является генератором слабого импульса.

В каждой области головного мозга эти импульсы согласованны, при этом они могут, как и усиливать, так и ослаблять друг друга. Создаваемые микротоки не стабильны, а их сила и амплитуда может и должна изменяться.

Данная активность имеет название биоэлектрической. Её регистрация происходит с использованием специальных электродов, выполненных из цветного металла, которые надеваются на голову человека.

Электроды улавливают микротоки и передают в прибор энцефалограф изменения амплитуды в каждый момент времени проверки. Эту запись и именуют электроэнцефалограммой.

Существует несколько типов ритмической и периодической активности в сигналах электроэнцефалограммы. Диапазоны частот для данного вида исследования имеют следующие названия:

- дельта ( $\delta$ ):  $0,5 \leq f < 4$  Гц;
- тета ( $\theta$ ):  $4 \leq f < 8$  Гц;
- альфа ( $\alpha$ ):  $8 \leq f \leq 13$  Гц;
- бета ( $\beta$ ):  $f > 13$  Гц.

На рис. 1.4 показаны записи сигнала ЭЭГ для перечисленных выше ритмов.

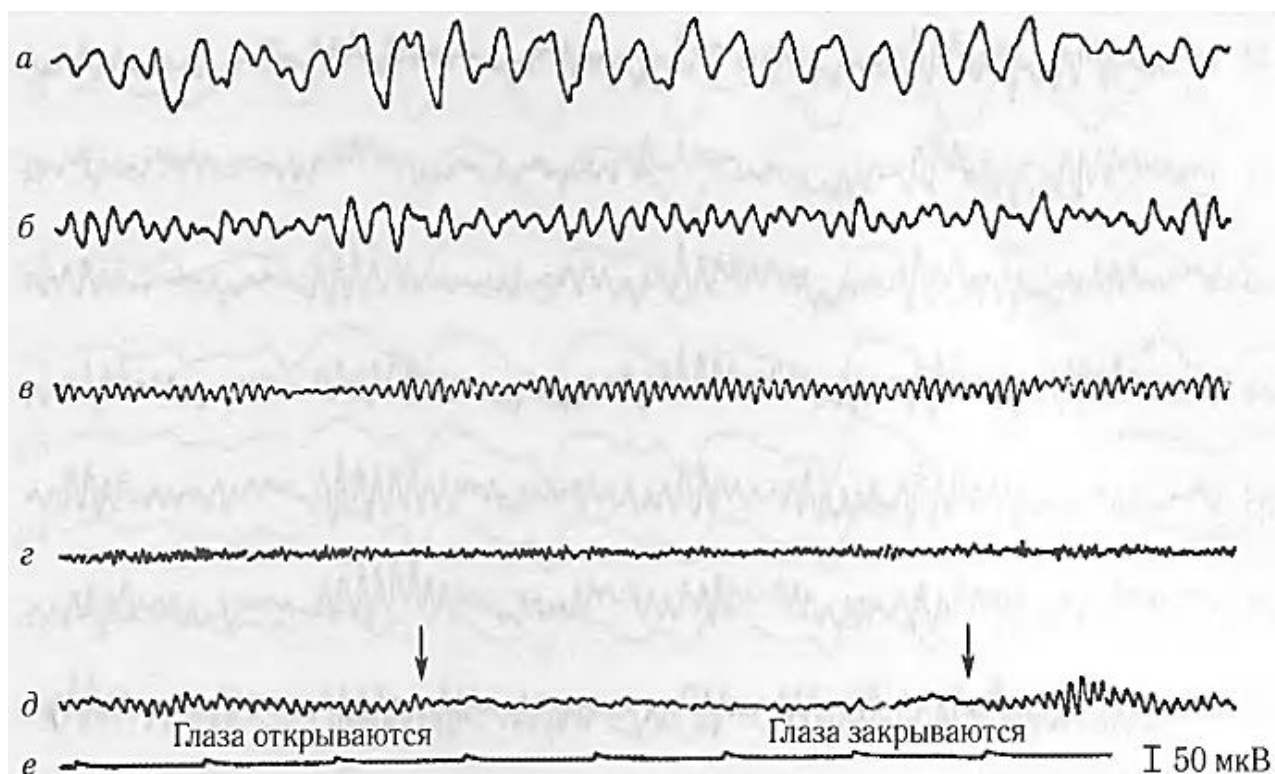


Рисунок 1.4 – Примеры ритмов ЭЭГ

Электрокардиография (ЭКГ) – один из электрофизиологических способов регистрации биологических потенциалов сердца. Путём установки накожных электродов на руки, ноги и грудную клетку считываются электрические импульсы исходящих от сердечной ткани. В дальнейшем полученные результаты выводятся либо на бумажный носитель, либо на монитор.

Также существуют так называемые стандартные, усиленные и грудные отведения, различаются они в зависимости от места установки электродов. Под определённым углом снимаются показатели сердечной ткани, каждое из которых показывает биоэлектрическую активность. Именно использование данного метода на электрокардиограмме показывается исчерпывающая характеристика работы каждого отдела сердца.

Электрокардиограмма считается электрическим сократительным проявлением активности сердца и очень просто регистрируется при помощи электродов, расположенных на поверхности, а именно на конечностях или на грудной клетке. Электрокардиограмма, считается, самым широко использованным, признанным что немаловажно, биомедицинским сигналом.

Частота сердечного ритма, измеряемая ударами в минуту (уд. /мин), может быть легко оценена подсчётом хорошо различимых волн. Стоит отметить, что немаловажным тот факт, что форма волн электрокардиограммы может меняться в связи с сердечно-сосудистыми патологиями и недугами, к примеру ишемия миокарда или инфаркт, гипертрофия желудочков, а также нарушения проводимости.

В ритмической сократительной активности сердца большую роль играет координированные электрические процессы и специальная система проводимости, которая свойственна только сердцу. Основным узлом являющимся водителем ритма считается СА-узел, который вырабатывает собственную последовательность потенциалов действия. По всему объёму сердца распространяется потенциал действия СА-узла, что вызывает особый вид возбудимости и сокращения, показано на рисунке 1.5.



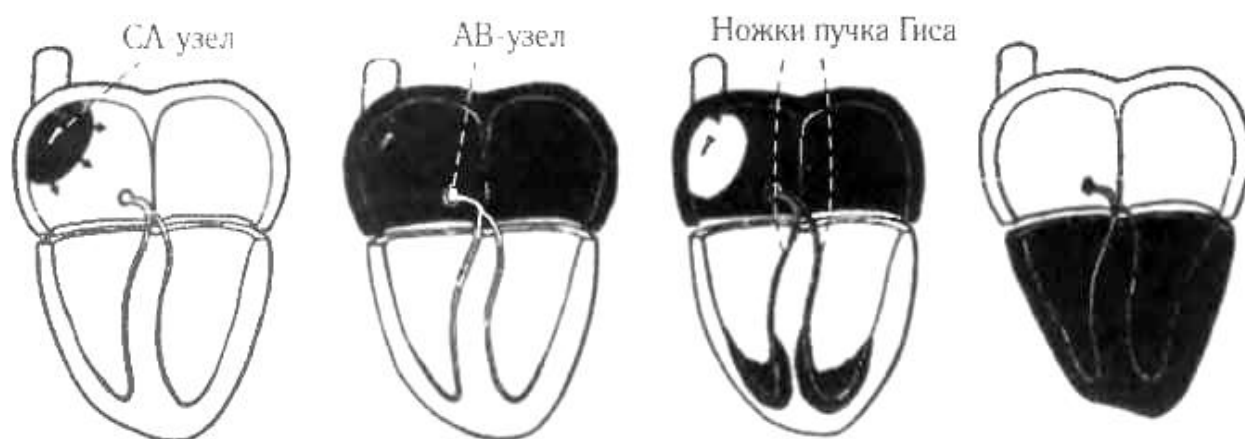


Рисунок 1.5 – Распространение импульса возбуждения по сердцу

В норме в сердечном цикле существует следующая последовательность волн и событий.

- возбуждение СА-узла;
- биоэлектрическая активность сердца проходит по мускулатуре предсердия с относительно небольшой скоростью, что вызывает медленно проходящую деполяризацию (сокращение предсердия). В следствие чего появляется Р-зубец в ЭКГ (показано на рисунке 1.6). Ввиду небольшого размера, и медленного сокращения предсердий, Р-зубец представляет собой медленную низкоамплитудную волну с амплитудой около 0,1-0,2 мВ и длину примерно 60-80 мс;
- волна возбуждения встречается с задержкой распространения в атриовентрикулярном (АВ) узле, что показывается на электрокардиограмме в виде изоэлектрического сегмента продолжительностью 60-80 мс, следующего после Р-зубца и известного как PQ-сегмент. Данная пауза позволяет завершить процесс перемещения крови к желудочкам от предсердий и закончится раздражением АВ-узла;
- пучок Гиса и его ножки, система специализированных проводящих волокон Пуркинье с большой скоростью распространяют стимул по желудочкам;
- стимулирующая лавинообразная волна с огромным темпом охватывается от верхней части сердца вверх, что вызывает моментальную деполяризацию. На электрокардиограмме это явление проявляется в виде QRS-

комплекса – острой двухфазной или трёхфазной волны с амплитудой около 1 мВ и длительностью 80 мс (показано на рисунке 1.6);

– для кардиомиоцитов желудочков характерна относительно большая длительность потенциала действия 300-350 мс (показано на рисунке 1.6). Плато на потенциале действия приводит обычно изоэлектрический сегмент длительностью 100-120 мс, следующий после QRS-комплекса которые известны как ST-сегмент;

– реполяризация желудочков происходит в виде медленного Т-зубца с амплитудой 0,1-0,3 мВ и длительностью 120-160 мс (показано на рисунке 1.6).

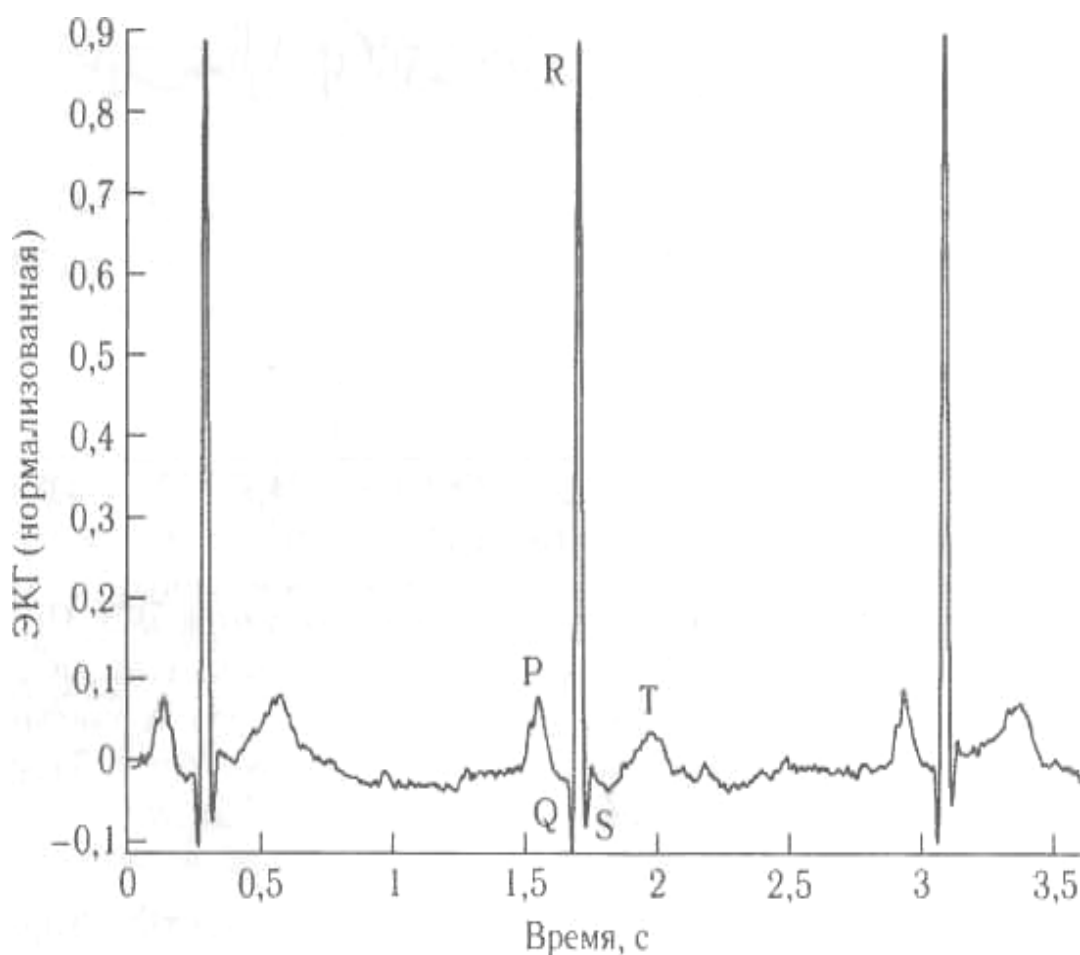


Рисунок 1.6 – Типичный сигнал ЭКГ (мужчина 24 года)

Электрокардиограмма – это запись между двумя электродами разности потенциалов, расположенными на поверхности тела. Электрокардиографическим отведением называют совокупность двух этих

A diagram of the human chest showing the placement of precordial leads V1 through V6. The leads are connected to the chest wall at specific points: V1 (4th intercostal space, right sternal border), V2 (4th intercostal space, left sternal border), V3 (midline between V2 and V4), V4 (5th intercostal space, midclavicular line), V5 (5th intercostal space, anterior axillary line), and V6 (5th intercostal space, midaxillary line). The leads are connected to the chest wall by blue lines, and the leads are connected to the recording device by red lines. A green line connects V1 to V6.

Зачастую используют 12 отведений. Их объединяют в две группы: шесть отведений от конечностей (их оси лежат во фронтальной плоскости) и шесть грудных отведений (оси - в горизонтальной плоскости).

Отведения от конечностей разделяют на три однополюсных (усиленные отведения aVR, aVL и aVF) и три двухполюсных (стандартные отведения I, II и III).

В стандартных отведениях электроды накладываются следующим образом: I - левая рука и правая рука, II - левая нога и правая рука, III - левая нога и левая рука.



Активный электрод располагают в усиленных отведениях: aVR - на правой руке (R - right), aVL - на левой руке (L - left), aVF - на левой ноге (F - foot). Буква "V" в названиях этих отведений обозначает, что измеряют значения потенциала (Foliage) под активным электродом, буква "a" - что этот потенциал усилен (Augmented).

Достичь усиления можно за счет того, что из нулевого электрода исключают тот электрод, который наложен на исследуемую конечность (например, в отведении aVF нулевым электродом служит объединенный электрод от правой руки и левой руки).

Заземляющий электрод всегда накладывается на правую ногу. Данный метод используется для получения грудных однополюсных отведений. Электроды накладываются в следующих точках:

- V1 - четвертое межреберье по правому краю грудины;
- V2 - четвертое межреберье по левому краю грудины;
- V3 - между V2 и V4;
- V4 - пятое межреберье по левой среднеключичной линии;
- V5 и V6 - на том же уровне по вертикали, что и V4, но, соответственно, по передней и средней подмышечной линии.

Индифферентным электродом служит обычный нулевой электрод.

Электрокардиограмма представляет собой проекцию суммарного вектора на ось данного отведения в любом отведении. В свете вышесказанного, можно сделать вывод, что разные отведения дают возможность взглянуть на биоэлектрические процессы в сердце под разными углами. Двенадцать отведений электрокардиограммы все вместе создают трехмерную картину биоэлектрической активности сердца; кроме этих иногда используют дополнительные отведения. Таким образом, для диагностики инфаркта правого желудочка используют правые грудные отведения V3R, V4R и другие. Пищеводные отведения позволяют выявить такие изменения биоэлектрической активности предсердий, которые не видны на обычной электрокардиограмме.

## 1.2 Практика хранения физиологических сигналов

Физиологические сигналы – это электрические явления в организме при различных видах его деятельности: произвольной и непроизвольной, на микро и макроуровне, в диапазоне от исследования биоэлектрической активности, опосредованной ионными процессами в синапсах и мембранах отдельных клеток и волокон, до анализа результатов полиграфической регистрации, позволяющей оценить интегративные функции целостного организма [2].

Использование физиологических сигналов стало панацеей для медицинской диагностики на протяжении многих лет. Именно благодаря им, врач может подтвердить тот или иной диагноз, и следить за динамикой лечения. Также существуют и другие направления использования биоэлектрической активности организма человека, к ним можно отнести детектор лжи, который может подтвердить или опровергнуть правдивость слов пациента путём анализа нескольких видов сигналов, а именно: электроэнцефалограммы (ЭЭГ), и электромиограммы (ЭМГ) [2].

Существуют и другие направления применения био-данных, в качестве примера можно отнести коммуникационную систему «НейроЧат».

Есть различные заболевания, вследствие которых у человека нарушена или отсутствует речь. Это бывают последствия каких-либо факторов, а бывают такие дефекты и врожденными.

Проект «НейроЧат» – это сетевая коммуникация для людей, которые по каким-либо причинам лишились возможности говорить и двигаться. Что бы человек мог напрямую без речи и движения коммуницировать с другими людьми.

Поэтому базовая технология и называется интерфейс «Мозг–Компьютер». Прибор регистрирует электрические потенциалы головного мозга, и его задача расшифровать в какой момент, какую букву, задумал напечатать на экране компьютера, программное средство показано на рисунке 1.10.

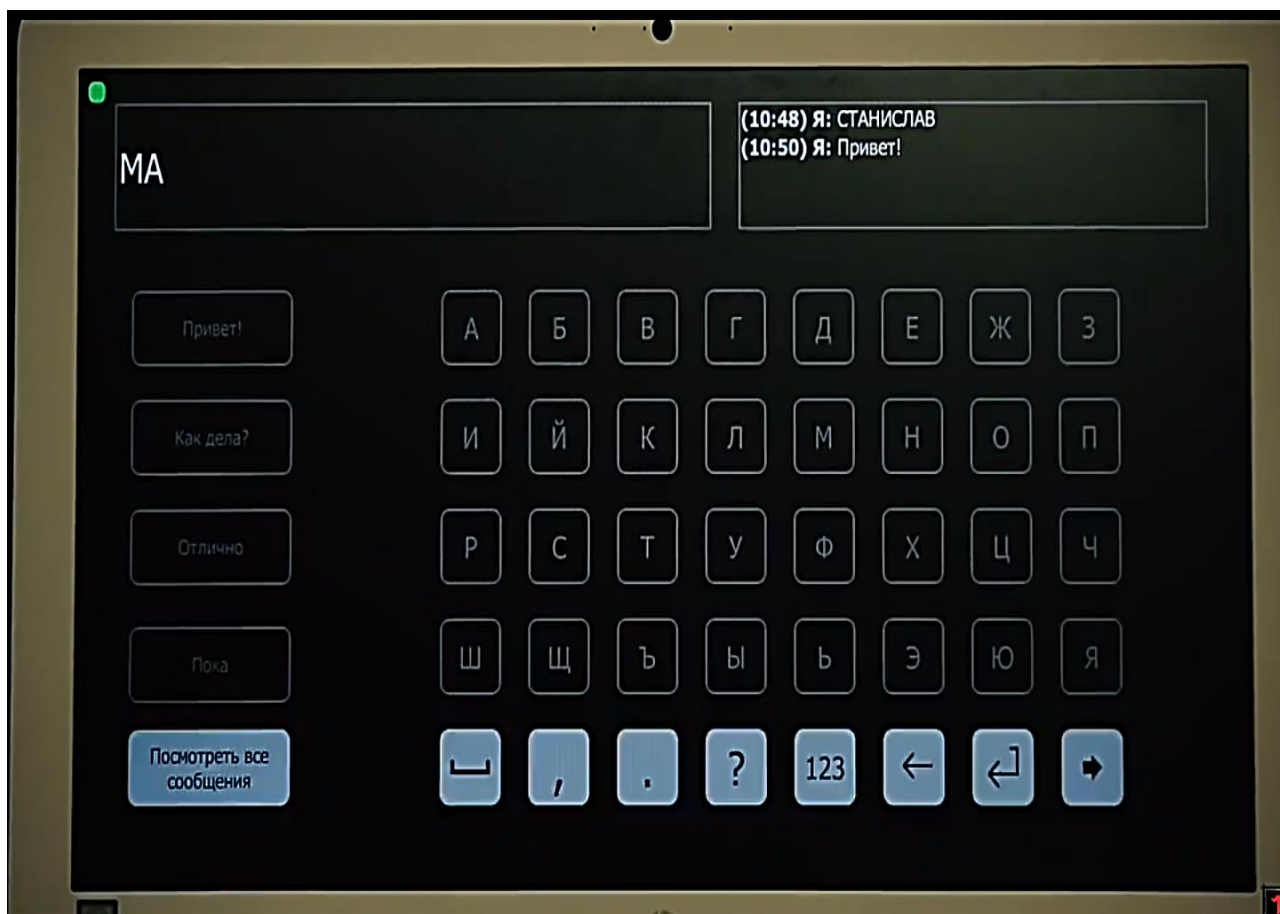


Рисунок 1.10 – Программное средство «НейроЧат»

Аппаратное средство показано на рисунке 1.11.

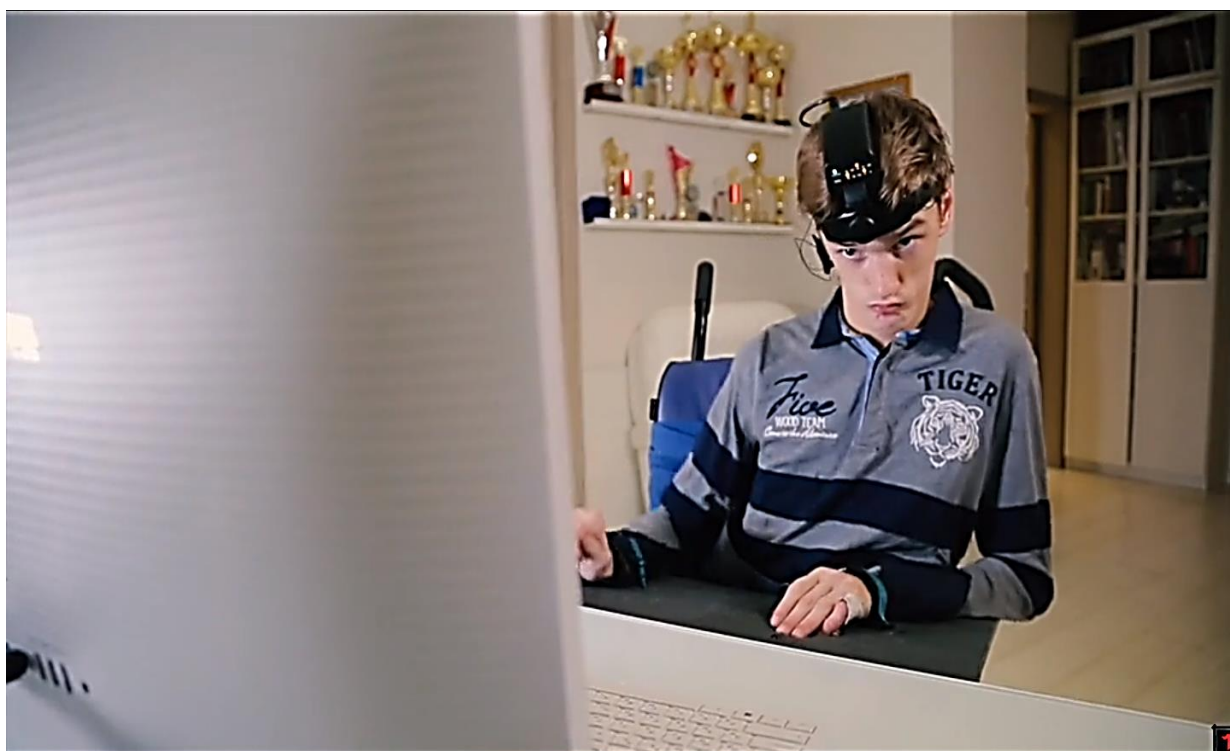


Рисунок 1.11 – Аппаратное средство «НейроЧат»

Сегодня медицина достаточно хорошо развита в мире, и возможность спасать людей после аварий, катастроф, инсультов, уже кажется не такой зыбкой, и если после этого они остаются наедине с самими собой, то они теряют мотивацию к жизни, и задача этого проекта помочь людям с этой проблемой. Также данная технология в дальнейшем планирует преодолеть языковой барьер, один пациент будет обращаться к другому на русском языке, другой на английском, и перевод будет осуществляться в процессе разговора.

Сердечно-сосудистые приступы, к которым относится инсульт, представляют серьезную опасность для жизни и здоровья человека.

Только в России за один год регистрируется около четырест тысяч новых случаев инсульта, примерно столько же черепно-мозговых травм, в целом по миру статистика ещё более ужасающая, но люди продолжают жить.

Использование записей физиологических сигналов довольно перспективная отрасль развития как медицины, так и информационных технологий.

Самым использованным физиологическим сигналом является — электрокардиография, она до сих пор остается наиболее распространенным методом функциональной диагностики в кардиологии. В то же время, по мнению клиницистов, существующие компьютерные средства анализа и интерпретации электрокардиограммы (ЭКГ) все еще не обеспечивают требуемую достоверность результатов диагностики.

Во-первых, на реальных ЭКГ, регистрируемых во временной области, как правило, нет четких границ между информативными фрагментами, что затрудняет их автоматическое распознавание [1].

Во-вторых, реальная ЭКГ обычно наблюдается в условиях разного рода возмущений, которые далеко не всегда могут быть сведены лишь к аддитивной помехе.

В-третьих, при использовании известного подхода к повышению соотношения сигнал — шум, основанного на усреднении последовательности циклов ЭКГ во временной области [2], происходит «размывание»

информативных фрагментов [3] из-за неравномерных изменений их продолжительности от цикла к циклу и, как следствие, возникают ошибки в измерении значений диагностических признаков, сосредоточенных на этих фрагментах.

Можно указать и целый ряд других проблем, возникающих при построении вычислительных алгоритмов анализа и интерпретации ЭКГ во временной области.

На современном этапе развития интернет-технологий появилась возможность исследования новых алгоритмов обработки биомедицинских данных по реальным записям, хранимым в специализированных базах данных. Преимущество таких исследований состоит в том, что, помимо множества разнообразных записей ЭКГ, в базах хранятся подготовленные специальным образом файлы аннотаций, в которых содержатся результаты интерпретации ЭКГ опытными экспертами (врачами-кардиологами).

Одним из популярных ресурсов является интернет-портал PhysioNet, показан на рисунке 1.12, созданный под эгидой трех институтов США – National Institute of Biomedical Imaging and Bioengineering, National Institute of General Medical Sciences и National Institutes of Health.

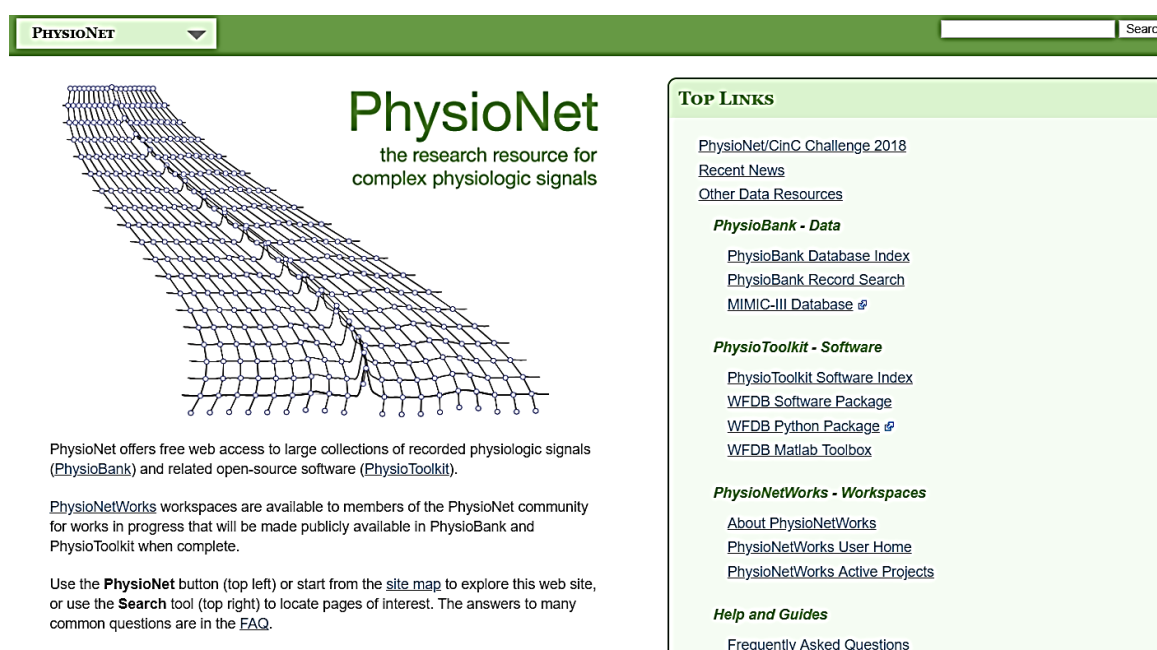


Рисунок 1.12 – Визуальное представление главной страницы «PhysioNet»



На сегодняшний день миру широко известна польза снятия различных физиологических данных с человека. На протяжении многих лет эти данные использовали для постановки диагноза, и наблюдения за динамикой во время лечения пациента. Теперь же использование физиологических данных нашло и другие направления, такие к примеру как этот ресурс.

Ресурс PhysioNet содержит большой архив цифровых записей физиологических сигналов (PhysioBank), а именно 38, в том числе 26 специализированных баз ЭКГ, показано на рисунке 1.12.

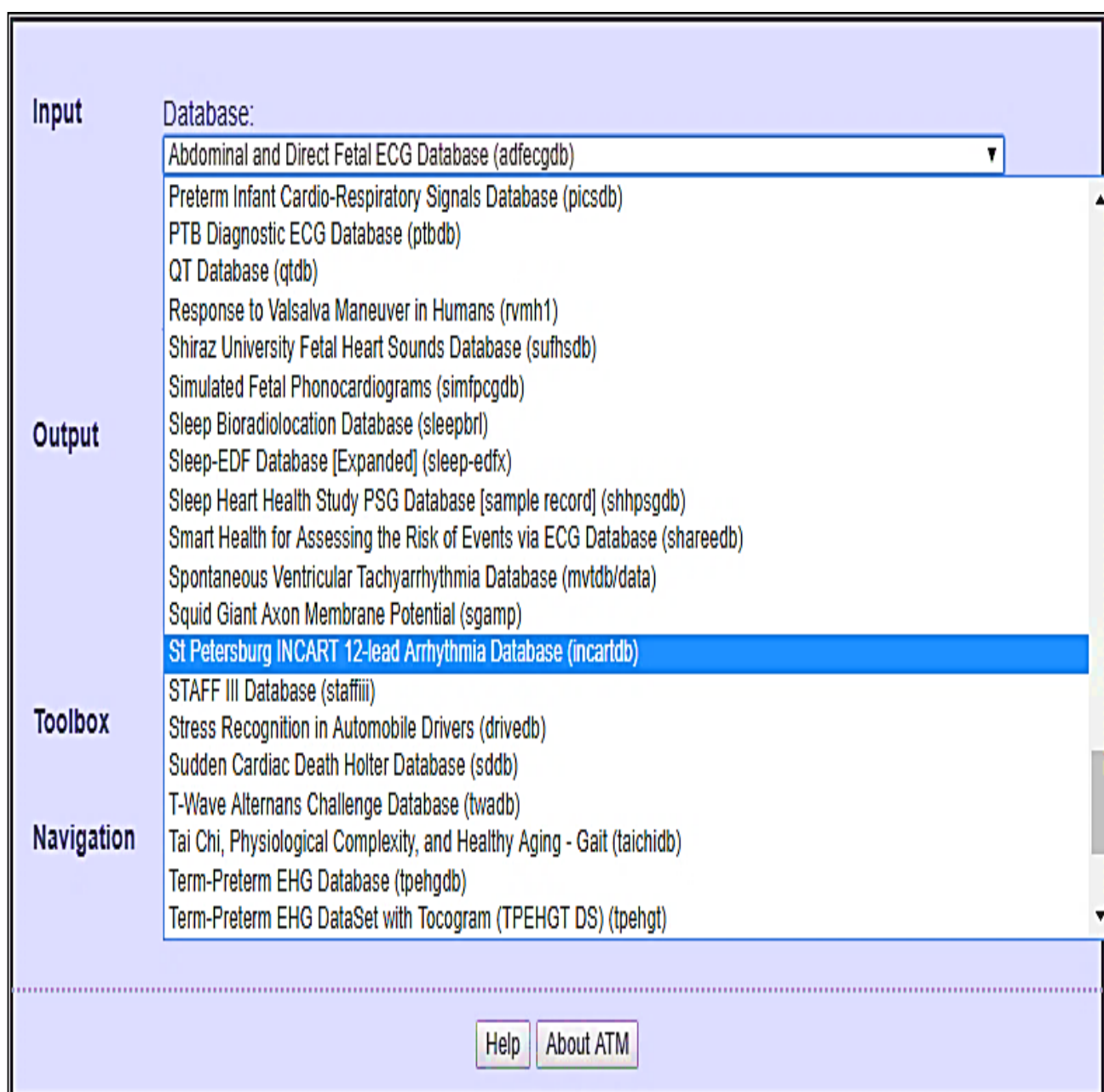


Рисунок 1.12 – Выбор базы данных в «PhysioBank ATM»

Ниже будет приведена краткая характеристика некоторым из этих баз.

«*European ST-T Database*». Это европейская ST-T база данных предназначена для изучения алгоритмов анализа изменений сегмента ST и зубца T.

Данная база состоит из 90 аннотированных записей двухканальной ЭКГ длительностью 30 секунд каждая. Частота дискретизации 250 Гц.

Любая запись имеет информацию о возрасте и поле пациента, диагнозе и медицинских препаратах, которые он получает [1].

«*MIT-BIH Arrhythmia Database*». Данная база содержит 48 двухканальных амбулаторных записей ЭКГ, зарегистрированных в ВИН Arrhythmia Laboratory у 47 больных. Из них 23 записи представляют собой случайным образом выбранные 30-минутные фрагменты из 24-часовой амбулаторной записи ЭКГ. Остальные 25 записей, на которых зарегистрированы клинически значимые аритмии, были отобраны экспертами из того же набора (4000 ЭКГ). Все записи оцифрованы с частотой дискретизации 360 Гц. Два кардиолога аннотировали каждую запись [1].

«*BIDMC Congestive Heart Failure Database*». Эта база данных включает долгосрочные ЭКГ 15 больных с тяжелой сердечной недостаточностью.

Каждая запись длилась приблизительно 20 часов по продолжительности содержит два канала ЭКГ, зарегистрированных с частотой дискретизации 250 Гц.

Записи, помимо информации о возрасте и поле больного, содержат в себе данные о степени сердечной недостаточности согласно классификации NYHA.

Оригинальные аналоговые записи ЭКГ были сделаны в Boston's Beth Israel Hospital с помощью амбулаторных регистраторов с типичной пропускной способностью от 0,1 Гц до 40 Гц.

Аннотация файлов была подготовлена с использованием автоматизированного детектора и не была исправлена вручную [5].

*PTB Diagnostic ECG Database*. Данная база содержит 549 записей ЭКГ 290 больных, зарегистрированных в 15 каналах (12 стандартных и 3 отведения XYZ

по Франку) с высоким разрешением при частоте дискретизации 1000 Гц. Для каждого больного имеется от одной до пяти записей ЭКГ с аннотацией специалиста.

Регистрация осуществлялась цифровым регистратором с достаточно высокими техническими характеристиками:

- число входных – 16 (дополнительные каналы использованы для регистрации дыхания);
- входное напряжение –  $\pm 16$  мВ;
- входное сопротивление – не менее 100 Мом;
- разрядность – 16 бит;
- пропускная способность – 0–1 кГц (синхронная выборка по всем каналам).

«*St. Petersburg Institute of Cardiological Technics 12-lead Arrhythmia Database*», эта база состоит из 75 получасовых записей ЭКГ, извлеченных из 32 холтеровских записей больных, которым проводился тест на ишемическую болезнь сердца (ИБС). Каждая запись состоит из 12 стандартных отведений, зарегистрированных с частотой дискретизации 257 Гц.

При выборе записей, которые включены в базу, предпочтение было отдано верифицированным пациентам с подтвержденными диагнозами ИБС, коронарной недостаточностью, нарушениями проводимости и аритмией.

Диагнозы были подтверждены анализами ферментов, коронароангиографией, электрофизиологическими исследованиями и, в случае необходимости, контролем давления. Каждая запись содержит информацию о возрасте больного, его поле и диагнозе с кратким изложением особенностей ЭКГ.

Для полноты картины на рисунке 1.13 сведена укрупненная информация не только об указанных, но и других базах данных ЭКГ [4].



| База данных   | Количество записей | Продолжительность записей | Частота дискретизации, Гц | Количество каналов | Открытый доступ | Тестовые сигналы |         |      |                      |                   |
|---|--------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------|-----------------|------------------|---------|------|----------------------|-------------------|
|   |                    |                           |                           |                    |                 | Нормальная ЭКГ   | Аритмия | Шумы | Смещение сегмента ST | Искусственная ЭКГ |
| ANSI/AAMI EC13 Test Waveforms   | 10                 | 0,5–1,5 ч.                | 720                       | 1                  | +               | +                | +       | –    | –                    | +                 |
| European ST-T [18]  | 90                 | 30 с                      | 250                       | 2                  | +               | +                | –       | –    | +                    | –                 |
| Long-Term ST  | 86                 | 21–24 ч.                  | 250                       | 2; 3               | +               | –                | –       | –    | +                    | –                 |
| MIT-BIH Arrhythmia[19]  | 48                 | 30 мин.                   | 360                       | 2                  | +               | +                | +       | –    | –                    | –                 |
| MIT-BIH Noise Stress Test   | 15                 | 30 мин.                   | –                         | 2                  | +               | –                | +       | +    | –                    | –                 |
| BIDMC Congestive Heart Failure [20]                                   | 15                 | 20 ч.                     | 250                       | 2                  | +               | –                | +       | –    | +                    | –                 |
| Post-Ictal Heart Rate Oscillations in Partial Epilepsy                | 7                  | разная                    | 200                       | 1                  | +               | –                | +       | –    | +                    | –                 |
| QT Database   | 100                | 15 мин.                   | 250                       | 2                  | +               | +                | +       | –    | +                    | –                 |
| AF Termination Challenge  | 50                 | 1 мин.                    | 128                       | 2                  | +               | –                | +       | –    | +                    | –                 |
| Creighton University Ventricular Tachyarrhythmia                      | 35                 | 8 мин.                    | 250                       | 1                  | +               | –                | +       | –    | +                    | –                 |
| Electrocardiographic Imaging of Myocardial Infarction                 | 4                  | –                         | –                         | 352                | +               | –                | –       | –    | +                    | –                 |
| Intracardiac Atrial Fibrillation                                      | 8                  | разная                    | 1000                      | 3                  | +               | –                | –       | –    | –                    | –                 |
| Long-Term AF  | 84                 | 24 ч.                     | 128                       | 3                  | +               | –                | +       | –    | –                    | –                 |
| MIT-BIH Atrial Fibrillation   | 25                 | 24 ч.                     | 1000                      | 2                  | +               | –                | +       | –    | +                    | –                 |
| MIT-BIH ECG Compression Test  | 168                | 20–48 с                   | 250                       | 2                  | +               | +                | –       | –    | –                    | –                 |
| MIT-BIH Long-Term   | 7                  | 14–22 ч.                  | 128                       | 2; 3               | +               | +                | +       | –    | +                    | –                 |
| MIT-BIH Malignant Ventricular Arrhythmia                              | 22                 | 30 мин.                   | 250                       | 2                  | +               | –                | +       | –    | +                    | –                 |
| MIT-BIH Normal Sinus Rhythm   | 18                 | 20–24 ч.                  | 128                       | 2                  | +               | +                | –       | –    | –                    | –                 |
| MIT-BIH ST Change   | 28                 | разная                    | 360                       | 2                  | +               | +                | –       | –    | +                    | –                 |
| MIT-BIH Supraventricular Arrhythmia                                   | 78                 | 30 мин.                   | –                         | 2                  | +               | –                | +       | –    | –                    | –                 |
| Non-Invasive Fetal Electrocardiogram                                  | 55                 | разная                    | –                         | 12                 | +               | +                | –       | –    | –                    | –                 |
| PAF Prediction Challenge  | 100                | 30 мин.                   | 128                       | 2                  | +               | +                | +       | –    | +                    | –                 |
| PTB Diagnostic [21]   | 549                | разная                    | 1000                      | 15                 | +               | +                | +       | +    | +                    | –                 |
| St. Petersburg Institute of Cardiological Technics 12-lead Arrhythmia | 75                 | 30 ч.                     | 257                       | 12                 | +               | –                | +       | –    | +                    | –                 |
| Sudden Cardiac Death Holter   | 18                 | 30 мин.                   | 250                       | 2                  | +               | –                | +       | –    | +                    | –                 |
| T-Wave Alternans Challenge  | 100                | разная                    | 500                       | 2; 3; 12           | +               | +                | +       | +    | +                    | +                 |
| AHA [22]  | 80                 | 35 мин.                   | 250                       | 2                  | –               | +                | +       | –    | –                    | –                 |
| РОХМИНЭ   | 70                 | 36 мин.                   | –                         | 3                  | –               | +                | +       | –    | –                    | –                 |
| Ann Arbor Electrogram Libraries [23]                                  | 800                | разная                    | –                         | 1                  | –               | +                | +       | –    | –                    | –                 |
| Improve Data Library  | 50                 | разная                    | –                         | –                  | –               | +                | +       | +    | +                    | +                 |
| CSE [6]   | 100                | до 1 мин.                 | –                         | 12–15              | –               | +                | +       | –    | +                    | –                 |

Рисунок 1.13 – Базы данных из ресурса «PhysioNet»

### 1.3 Описание некоторых методологий проектирования систем

Для описания концепции хранения физиологических сигналов и использования данной информационной системы, необходимо смоделировать диаграммы по некоторым методологиям.

Методология DFD – диаграммы потоков данных. Метод DFD считается главным средством моделирования информационных потоков, и функциональных требований к ИС. Данные требования выглядят в виде функциональных компонентов, связанных потоками данных. Основная цель данного представления – показать, как именно каждый компонент преобразует свои входные данные в выходные, и обязательно выявить связи между данными процессами.

Построение DFD-диаграмм зачастую ассоциируется с разработкой ИС, поскольку методология DFD первоначально была создана именно для этих целей.

Среди компонентов диаграмм потоков данных можно выделить основные:

- процессы;
- потоки данных;
- внешние сущности;
- хранилища данных.

Декомпозиция DFD-диаграммы выполняется на основе процессов: что каждый процесс может раскрываться при помощи DFD-диаграммы нижнего уровня.

DFD-диаграмма первого уровня выполняется как декомпозиция процесса, который находится в контекстной диаграмме. Выполненная диаграмма первого уровня имеет множество процессов, которые также могут быть декомпозированы. В свете вышесказанного, можно сделать вывод, что строится иерархия DFD-диаграмм с контекстной диаграммой в корне дерева. Данный процесс декомпозиции продолжается пока процессы могут быть эффективно описаны при помощи коротких спецификаций процессов.

При таком построении иерархии DFD-диаграмм каждый процесс более низкого уровня необходимо соотнести с процессом верхнего уровня. Структурированные номера процессов обычно используют для этой цели. К примеру, если будет происходить детализация процесса номер 2 на диаграмме первого уровня, раскрывая его при помощи DFD-диаграммы, содержащей в себе три процесса, то их номера будут иметь следующий вид: 2.1, 2.2 и 2.3. При надобности существует возможность перейти на следующий уровень детализации.

Способ описания системы в целом, как множества взаимозависимых действий, или функций имеет название методология IDEF0.

Чаще всего IDEF0 используется как метод исследования и проектирования систем на логическом уровне. По этой же причине он, как правило, применяется на ранних этапах разработки того или иного проекта.

Графический язык IDEF0 прост и гармоничен. Соподчинённость объектов является отличительной особенностью IDEF0. В данной методологии рассматриваются логические отношения между работами, а не их временная последовательность. [4].

Стандарт IDEF0 представляет организацию как набор модулей, тут существует некоторое правило – наиболее важная функция находится в верхнем левом углу, кроме того, есть правило стороны:

- стрелка входа всегда приходит в левую кромку активности;
- стрелка управления – в верхнюю кромку;
- стрелка механизма – нижняя кромка;
- стрелка выхода – правая кромка.

Описание выглядит как «чёрный ящик» с входами, выходами, управлением и механизмом, который постепенно детализируется до необходимого уровня. Также для того, чтобы быть правильно понятым, существуют словари описания активностей и стрелок.

В данных словарях можно дать описания того, какой смысл вы вкладываете в данную активность либо стрелку [3].

Описание методологии IDEF0 содержится в рекомендациях Р 50.1.028-2001 "Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования".

Также отображаются все сигналы управления, которые на DFD (диаграмме потоков данных) не отображались.

Указанная модель применяется при создании бизнес-процессов и проектов, основанных на моделировании всех процессов: как административных, так и организационных [1].

Методология IDEF3 – стандарт IDEF0, который был рассмотрен ранее, является развитием классического DFD – подхода и предназначен для описания бизнес-процессов верхнего уровня.

Для описания временной последовательности и алгоритмов выполнения работ стандарт IDEF0 не подходит.

В ходе решения данной задачи стандарт IDEF0 получил дальнейшее развитие, в результате чего был разработан стандарт IDEF3, который входит в семейство стандартов IDEF.

Метод документирования технологических процессов представляет собой механизм документирования и сбора информации о процессах. IDEF3 показывает причинно-следственные связи между ситуациями и событиями в понятной эксперту форме, используя структурный метод выражения знаний о том, как функционирует система, процесс или предприятие.

IDEF3 достаточно широко используется при разработке ИС. При этом применяются инструменты визуального моделирования бизнес-процессов [2].

Система описывается как упорядоченная последовательность событий с одновременным описанием объектов, имеющих отношение к моделируемому процессу.

IDEF3 состоит из двух методов. Process Flow Description (PFD) – описание технологических процессов, с указанием того, что происходит на каждом этапе технологического процесса. Object State Transition Description (OSTD) – описание

переходов состояний объектов, с указанием того, какие существуют промежуточные состояния у объектов в моделируемой системе [3].

Основу метода IDEF3 составляет графический язык описания процессов. Модель в нотации IDEF3 может содержать два типа диаграмм:

- диаграмму Описания Последовательности Этапов Процесса (Process Flow Description Diagrams, PFDD)
- диаграмму Сети Трансформаций Состояния Объекта (Object State Transition Network, OSTN)

UML – язык графического описания для объектного моделирования в области создания ПО, для моделирования бизнес-процессов, системного проектирования и отображения организационных структур [5].

UML является языком широкого профиля, это – открытый стандарт, использующий графические обозначения для создания абстрактной модели системы, называемой UML-моделью. UML был создан для определения, визуализации, проектирования и документирования, в основном, программных систем. UML не является языком программирования, но на основании UML-моделей возможна генерация кода [4].

Диаграмма компонентов – статическая структурная диаграмма, показывает разбиение программной системы на структурные компоненты и связи (зависимости) между компонентами. В качестве физических компонентов могут выступать файлы, библиотеки, модули, исполняемые файлы, пакеты и т. п.

С помощью диаграммы компонентов представляются инкапсулированные классы вместе с их интерфейсными оболочками, портами и внутренними структурами (которые тоже могут состоять из компонентов и коннекторов).

Компоненты связываются через зависимости, когда соединяется требуемый интерфейс одного компонента с имеющимся интерфейсом другого компонента. Таким образом иллюстрируются отношения клиент-источник между двумя компонентами.

Зависимость показывает, что один компонент предоставляет сервис, необходимый другому компоненту. Зависимость изображается стрелкой от интерфейса или порта клиента к импортируемому интерфейсу.

Когда диаграмма компонентов используется, чтобы показать внутреннюю структуру компонентов, предоставляемый и требуемый интерфейсы составного компонента могут делегироваться в соответствующие интерфейсы внутренних компонентов.

Диаграмма развёртывания в UML моделирует физическое развёртывание артефактов на узлах. Например, чтобы описать веб-сайт, диаграмма развёртывания должна показывать, какие аппаратные компоненты («узлы») существуют (например, веб-сервер, сервер базы данных, сервер приложения), какие программные компоненты («артефакты») работают на каждом узле (например, веб-приложение, база данных), и как различные части этого комплекса соединяются друг с другом (например, JDBC, REST, RMI).

Узлы представляются как прямоугольные параллелепипеды с артефактами, расположенными в них, изображёнными в виде прямоугольников. Узлы могут иметь подузлы, которые представляются как вложенные прямоугольные параллелепипеды. Один узел диаграммы развёртывания может концептуально представлять множество физических узлов, таких как кластер серверов баз данных.

Существует два типа узлов:

- узел устройства;
- узел среды выполнения.

Узлы устройств – это физические вычислительные ресурсы со своей памятью и сервисами для выполнения программного обеспечения, такие как обычные ПК, мобильные телефоны.

Узел среды выполнения – это программный вычислительный ресурс, который работает внутри внешнего узла и который предоставляет собой сервис, выполняющий другие исполняемые программные элементы.

Диаграмма деятельности – диаграмма, на которой показано разложение некоторой деятельности на её составные части. Под деятельностью понимается спецификация исполняемого поведения в виде координированного последовательного и параллельного выполнения подчинённых элементов – вложенных видов деятельности и отдельных действий, соединённых между собой потоками, которые идут от выходов одного узла к входам другого [4].

Диаграммы деятельности используются при моделировании бизнес-процессов, технологических процессов, последовательных и параллельных вычислений. Аналогом диаграмм деятельности являются схемы алгоритмов по ГОСТ 19.701-90 и дракон-схемы [3].

Диаграммы деятельности состоят из ограниченного количества фигур, соединённых стрелками. Основные фигуры:

- прямоугольники с закруглениями – действия;
- ромбы – решения;
- широкие полосы – начало (разветвление) и окончание (схождение) ветвления действий;
- чёрный круг – начало процесса (начальный узел);
- чёрный круг с обводкой – окончание процесса (финальный узел);
- стрелки идут от начала к концу процесса и показывают потоки управления или потоки объектов (данных).

#### *Вывод по первому разделу*

В данном разделе был произведён обзор существующих ИС хранения записей физиологических данных, а также выявлены их недостатки.

Проанализирована предметная область, рассмотрены некоторые физиологические сигналы и методы их снятия, а также изучены некоторые методологии, при помощи которых в дальнейшем будет спроектирована разрабатываемая информационная система.



## 2 Проектирование информационной системы хранения сигналов

### 2.1 Концептуальная модель разрабатываемой информационной системы

Разрабатываемая система предназначена для хранения и отображения физиологических сигналов человека на экране.

Если рассматривать моделируемую систему с глобального уровня, то она представляет собой набор модулей, принимающих входные параметры, на основании которых формируются выходные параметры.

В качестве нотации моделирования была выбрана нотация IDEF0, которая представляет собой свод правил функционального моделирования процессов. Именно процессы, происходящие в моделируемой системе лучше всего, отображает смысл и логику взаимодействий звеньев этой системы.

Таким образом, контекстная концептуальная диаграмма описана на рисунке 2.1.

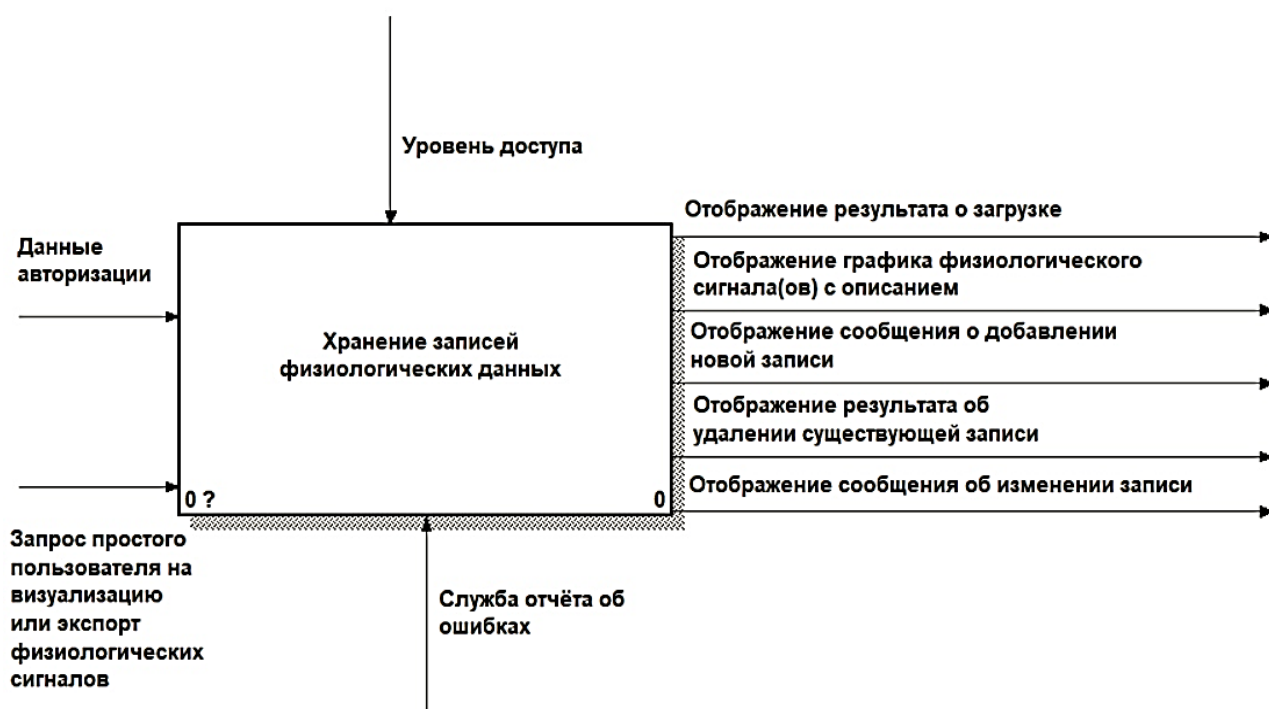


Рисунок 2.1 – Контекстная концептуальная диаграмма системы хранения физиологических данных



Как видно из рисунка 2.1, диаграмма обладает несколькими данными: два входных элемента (данные об авторизации; запрос), элемент управления (уровень доступа к функционалу системы) и пять выходных элементов (отображение результата о загрузке, отображение графика физиологического сигнала(ов) с описанием, отображение результата о добавлении новой записи, отображение результата об удалении существующей записи, отображение результата об изменении записи).

Чтобы лучше раскрыть всю концепцию и логику работы данной системы, была произведена декомпозиция, результат которой изображен на рисунке 2.2.

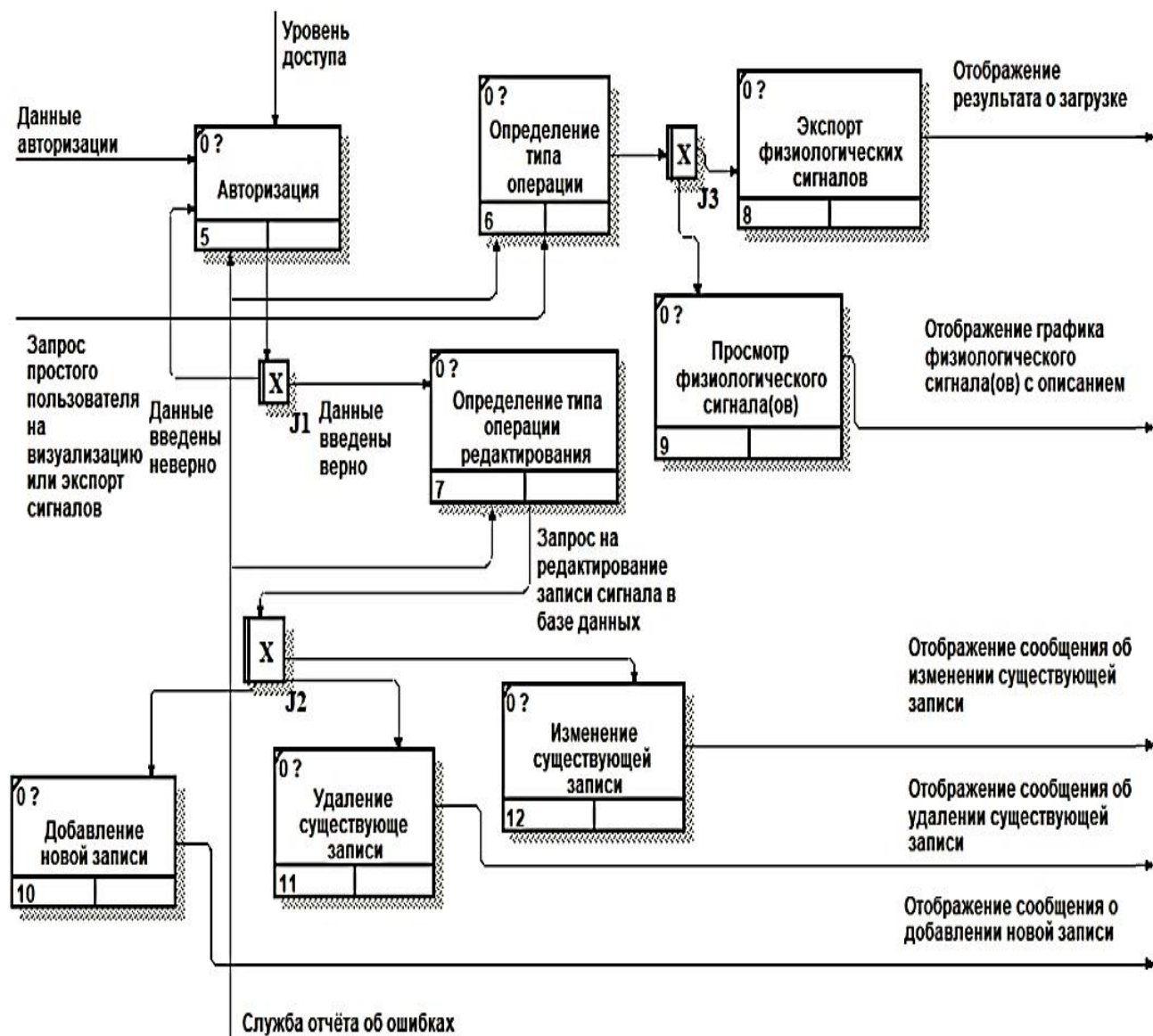


Рисунок 2.2 – Декомпозиция системы хранения физиологических данных

Если к информационной системе обращается администратор, то ему необходимо ввести логин и пароль чтобы получить доступ к запросам на редактирование сигналов в базе данных.

Если данные введены неверно, то пользователя вернет на стадию авторизации, если введенные данные прошли проверку, и они верны, то следующим шагом будет определение типа операции редактирования, в зависимости от выбора пользователя.

В зависимости от операции (удаление, добавление, изменение) далее выполняется соответствующий блок, на выходе которого отображение сообщения о выполненной операции.

Если к системе обращается обычный пользователь у которого нет прав администратора, то ему доступен только просмотр и экспорт физиологических сигналов.

После обращения простого пользователя к информационной системе идет определение типа запроса (отображение, экспорт), на выходе отображение результата о загрузке или отображение графика физиологического сигнала(ов) с описанием.

С помощью разработанной концептуальной модели, далее будет разработана информационная модель системы, с помощью которой можно отобразить всю логику перемещений и взаимодействий потоков данных, возникающих во время работы системы.

Для разработки информационной модели системы лучше всего подойдет нотация DFD, так как именно эта нотация предназначена для отображения логики взаимодействий потоков данных.

Если рассматривать разрабатываемую систему с точки зрения нотации DFD, то, в первую очередь, следует отметить первоисточник всех информационных потоков: пользователь.

Контекстная диаграмма информационной модели системы имеет вид показанный на рисунке 2.3.

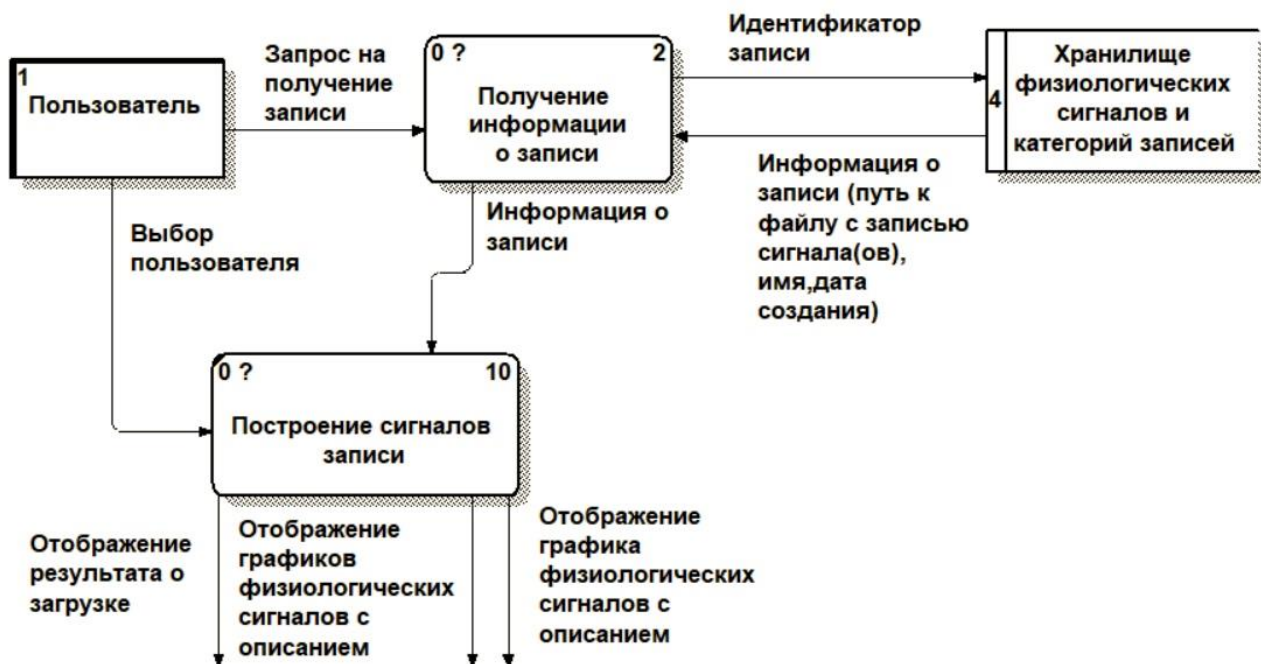


Рисунок 2.3 – Контекстная диаграмма процесса построения сигнала

Стоит обратить внимание что для более исчерпывающего описания, процесс «Построение сигналов» нуждается в декомпозиции. Для описания процесса будет использована нотация DFD, отображенно на рисунке 2.4.

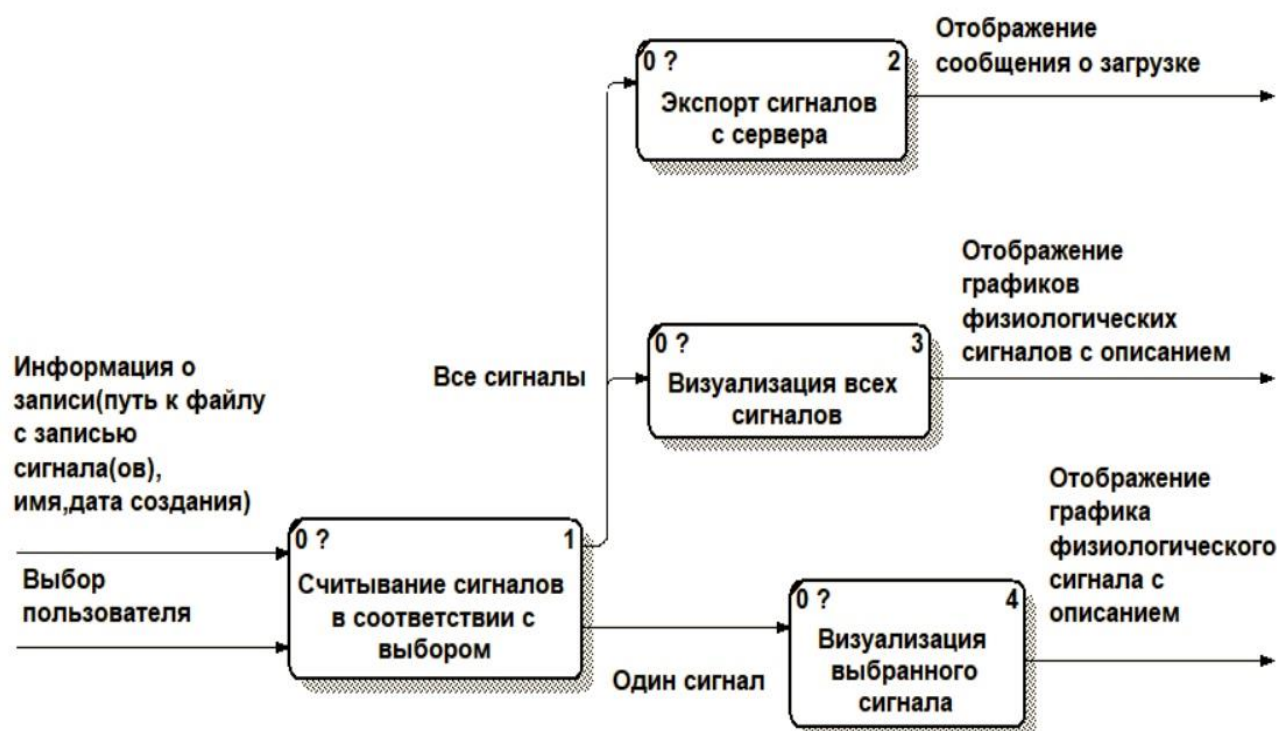


Рисунок 2.4 – Декомпозиция процесса построение сигналов записи

Таким образом, была разработана информационная модель системы хранения и отображения физиологических сигналов человека. Модель была выполнена в среде моделирования «BPWIN», с использованием нотаций DFD, IDEF0, IDEF3.

## 2.2 Описание хранилища записей сигналов системы

Для отображения внутренней структуры базы данных и входящих в нее таблиц, были разработаны две ER-модели: физическая модель базы данных и логическая модель базы данных.

Логическая модель представлена на рисунке 2.5.



Рисунок 2.5 – Логическая ER-модель базы данных

Каждая таблица содержит в себе определенную информацию. Таблица «Администраторы» содержит в себе данные администратора (номер администратора, имя, логин и пароль которые служат для предоставления полномочий).

Таблица «Хранилище записей физиологических сигналов» содержит в себе данные записей и путь к файлу, в котором находятся сигналы. Как можно заметить сами сигналы не хранятся в базе данных, а только их путь к файлу на сервере. Это сделано для того, чтобы не хранить большие объемы информации в базе данных и не нагружать ее, благодаря этому выполнение запросов на изменение, удаление и поиск данных занимают меньше времени.

Далее обозначим типы всех данных, которые указаны в логической модели. Они обозначены в физической модели базы данных на рисунке 2.6.

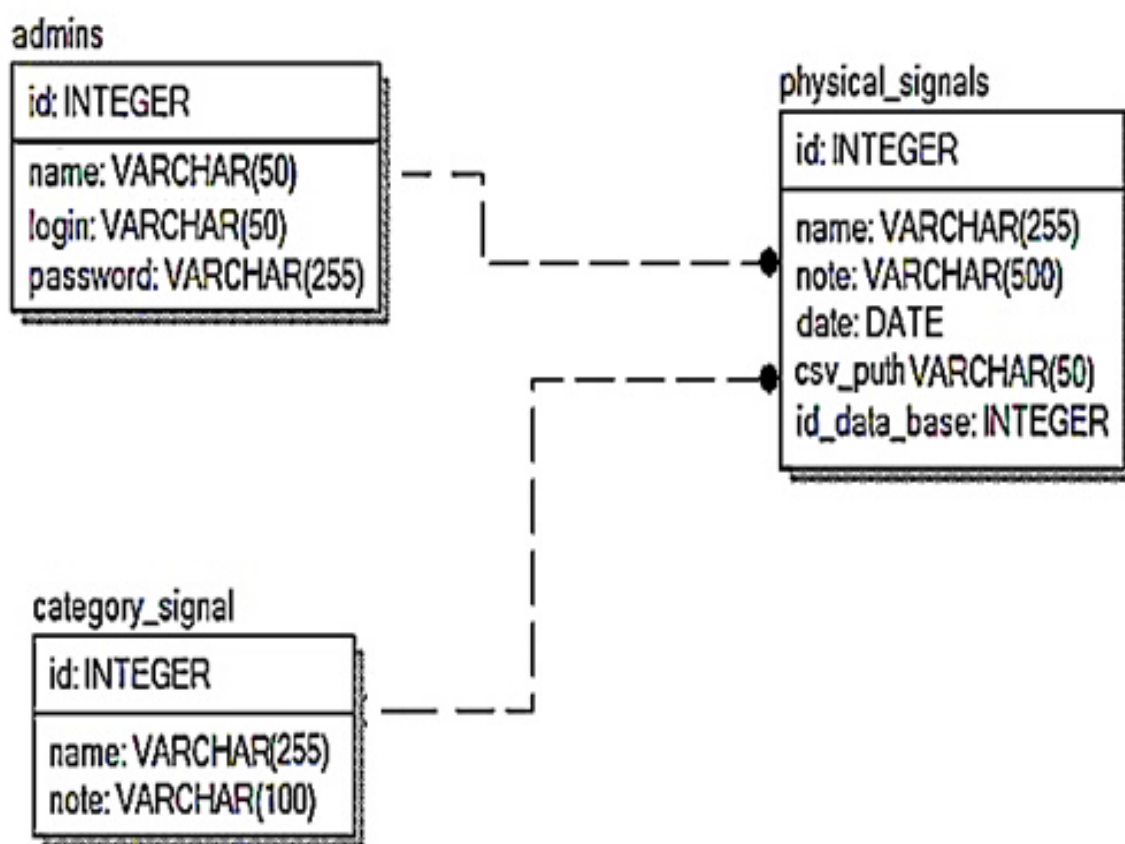


Рисунок 2.6 – Физическая ER-модель базы данных

Рассмотрим таблицу «admins»:

- целочисленное свойство «id» является первичным ключом, т.е. уникальным значением для каждого пользователя;
- строковое свойство «name» содержит в себе имя пользователя;
- строковое свойство «login» содержит в себе почту пользователя;

- строковое свойство «password» содержит в себе пароль пользователя.

Рассмотрим таблицу «physical\_signals»:

- целочисленное свойство «id» является первичным ключом, т.е. уникальным значением для каждого пациента;
- строковое свойство «name» содержит в себе имя пациента;
- строковое свойство «note» содержит в себе описание для сигналов;
- свойство «date» хранит дату и время занесения пациента в базу данных;
- целочисленное свойство «id\_data\_base» хранит код базы данных, к которой принадлежит пациент;
- строковое свойство «csv\_puth» содержит в себе путь к файлу типа csv содержащего сигналы.

Таблица «category\_signal»:

- целочисленное свойство «id\_data\_base» является первичным ключом, т.е. уникальным значением для каждого пользователя;
- строковое свойство «name» содержит в себе название базы данных;
- строковое свойство «note» содержит в себе описание базы данных.

Таким образом были спроектированы две модели базы данных, с помощью которых уже возможно создать реальную базу данных на основе MySQL.

## 2.3 Алгоритмы реализации функций

В качестве графического представления алгоритмов реализации основных функций системы лучшего всего подойдёт диаграмма деятельности. Данная диаграмма дает представление, что должна делать система в той или иной ситуации.

На рисунке 2.7 изображена диаграмма деятельности при добавлении новых сигналов в базу данных.

Рассмотрим ситуацию, когда нам нужно занести новые сигналы в базу данных.



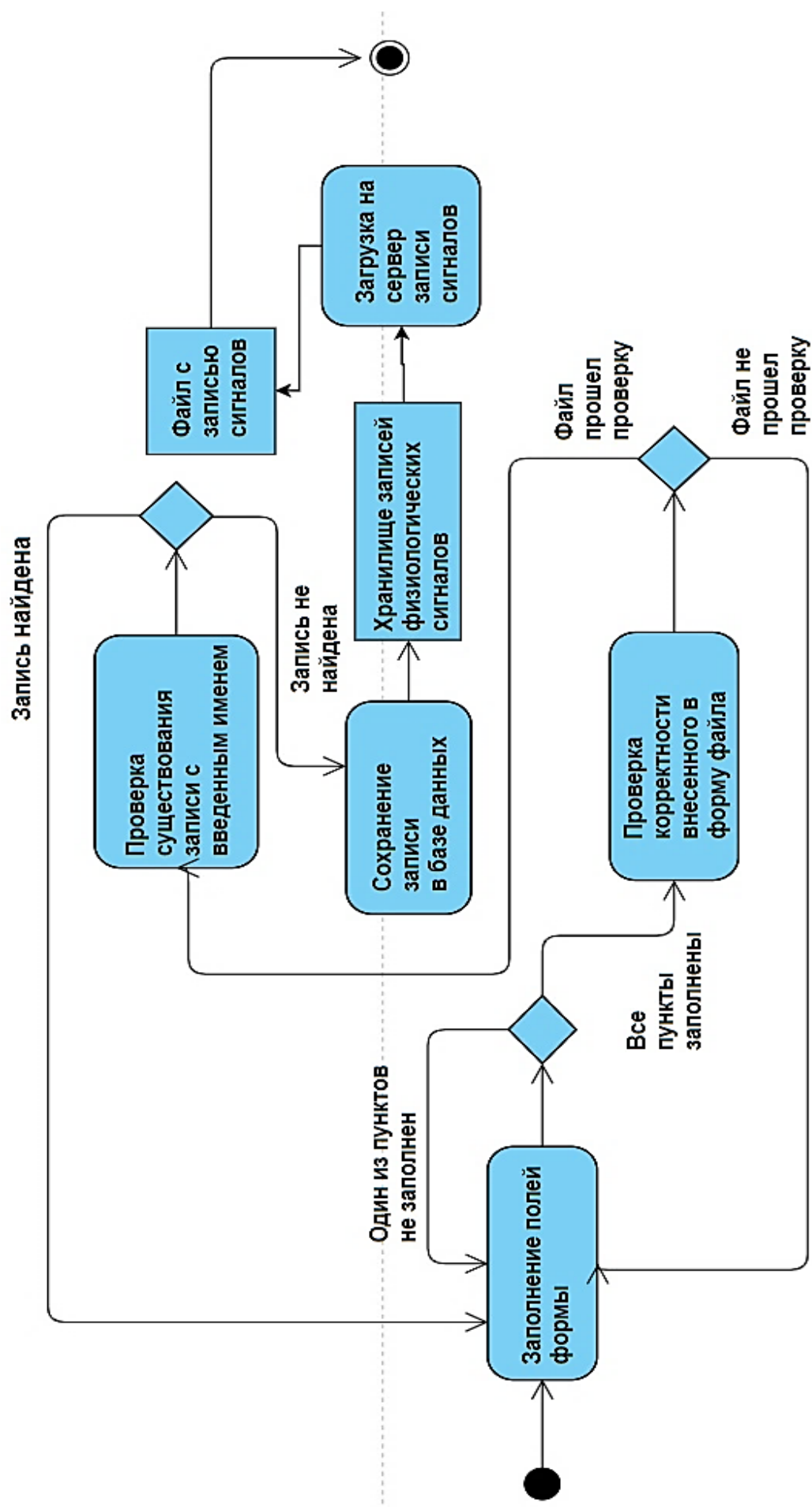


Рисунок 2.7 – Диаграмма деятельности по добавлению новых сигналов в базу данных

Для этого нужно в выпадающем списке выбрать базу данных, ввести имя записи, ввести описание и выбрать соответствующий файл, содержащий сигналы. Если одно из обязательных полей оказалось пустым, то информационная система вернется на страницу заполнения, если же все данные введены, то они проходят проверку. Сначала идет проверка на корректность файла, если файл не проходит проверку, то информационная система вернется на страницу заполнения. Если файл прошел проверку, идет проверка существования записи с введенным именем, если такой записи нет, то запись сохраняется в базе данных и загружается на сервер, в другом случае информационная система вернется на страницу заполнения.

На рисунке 2.8 изображена диаграмма деятельности при отображении сигнала.

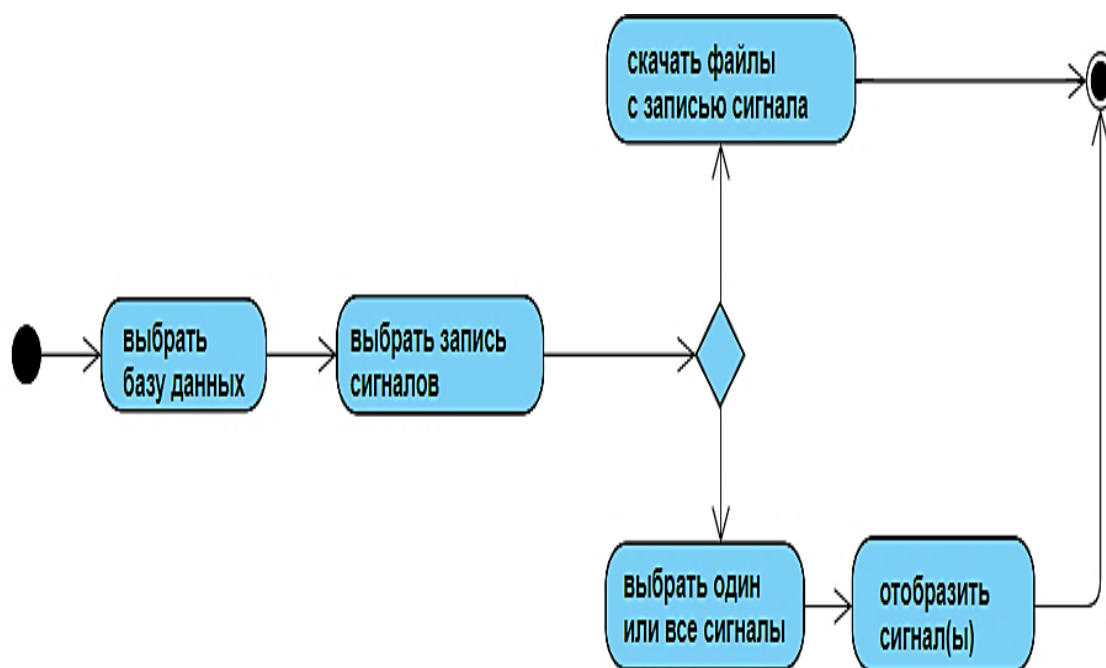


Рисунок 2.8 – Диаграмма деятельности по отображению сигнала

Рассмотрим ситуацию, когда пользователю нужно отобразить сигналы записи. Для этого поочередно нужно выбрать базу данных и запись. После мы можем скачать сигналы файлом либо отобразить их на экране.

На рисунке 2.9 изображена диаграмма деятельности при входе в систему и определения полномочий.





Рисунок 2.9 – Диаграмма деятельности по входу в систему и определения полномочий

Рассмотрим, как система определяет уровень полномочий.

В системе существует два вида пользователей, это обычный пользователь и администратор.

Администратор имеет полный доступ к функционалу системы (просмотреть, добавить, удалить либо изменить данные).

Обычному пользователю доступен только просмотр. Определения уровня полномочий происходит за счет авторизации пользователя, если пользователь не авторизован, ему присваивается статус обычного пользователя, если пользователь авторизовался под своими данными, ему присваивается статус администратора.

Остальные функции системы работают в похожем порядке.

## 2.4 Структуры информационной системы

Если концептуальная диаграмма в нотации IDEF0 раскрывают всю суть и, собственно, концепцию системы; информационная диаграмма отображает весь смысл и логику взаимодействий на уровне процессов, сущностей и потоков данных, то диаграмма компонентов – это заключительный этап в разработке программного продукта

Диаграмма компонентов, в отличие от остальных, раскрывает особенности реализации тех или иных модулей из которых состоит будущая информационная система.

Такая диаграмма позволяет определиться с набором программных функций и атрибутов модулей или классов, с помощью которых будут реализованы процессы, описанные в концептуальной и информационной диаграммах.

Помимо этого, с помощью такого моделирования отображаются все взаимозависимости программных модулей или классов .

В приведенной диаграмме компонентов отображены зависимости вместе с параметрами этой зависимости. Такое уточнение вносит больше ясности и информативности в диаграмму, так как позволяет понять критерий зависимости одного модуля от другого .

Таким образом, UML-диаграмма компонентов системы имеет вид, показанный на рисунке 2.10.

Модуль авторизации предназначен для определения типа пользователя и предоставлению ему определенного уровня полномочий через модуль «Определения уровня полномочий».

Основные модули интерфейса это модуль «Интерфейс показа сигналов» и «Интерфейс Администрирования». В них сосредоточен основной функционал системы.

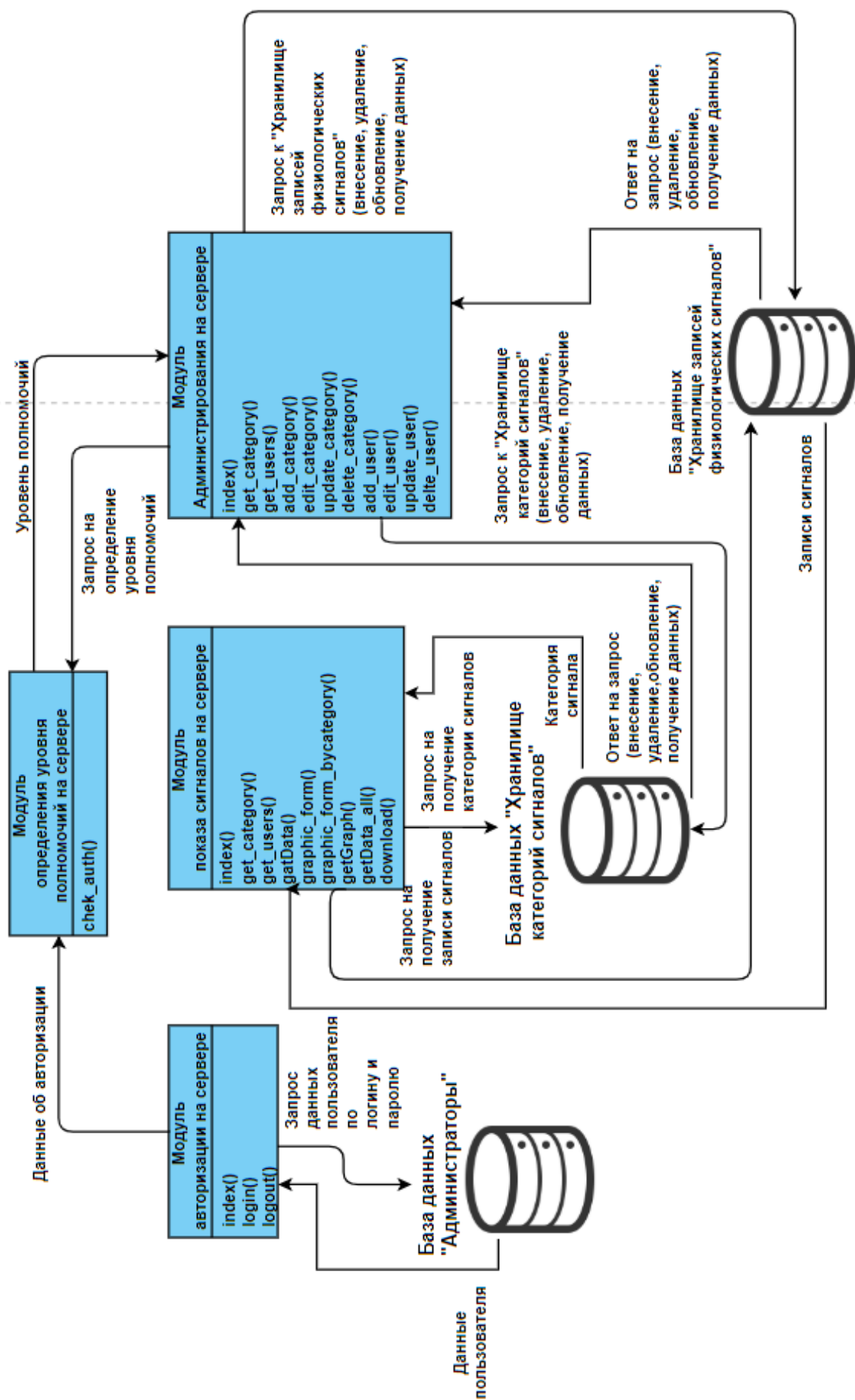


Рисунок 2.10 – UML-диаграмма компонентов системы

Модуль «Администрирования на сервере» содержит в себе функции для работы со всеми таблицами в базе данных. Доступ к данному модулю имеет только администратор.

Основные функции:

- добавление базы данных(add\_category());
- удаление базы данных(delete\_category());
- изменение базы данных(update\_category());
- добавление записи(add\_user());
- изменение данных записи(update\_user());
- удаление записи(delete\_user());
- получение данных о записи(get\_users()).

Модуль «Показа сигналов на сервере» содержит в себе функции для получения данных из таблиц «Хранилище записей физиологических сигналов» и «Хранилище категории записей». Доступ к этому модулю имеет как обычный пользователь так и администратор.

Основные функции:

- получить список баз данных(get\_category());
- получить список записей(get\_users();getGraph());
- отобразить список сигналов записи(getData();getData\_all());
- скачать сигналы записи(download()).

Модуль «Авторизации на сервере» содержит в себе функции для авторизации администратора в системе.

Основные функции:

- авторизоваться(войти в панель администратора login());
- выйти из под аккаунта администратора(logout()).

Модуль «Определение уровня полномочий на сервере» содержит в себе одну функцию:

- получить уровень полномочий(chek\_auth()).

Каждый модуль имеет свое предназначение и совокупность зависимостей от других модулей. Некоторые модули взаимозависимы, так как оперируют с

данными, которые могут быть получены в ходе работы другого модуля; некоторые модули зависимы лишь от таблиц базы данных, так как основной поток информации черпается из них.

С помощью UML-проектирования были описаны основные компоненты системы и их предназначение. В дальнейшем данная диаграмма будет использована на этапе реализации информационной системы хранения записей физиологических данных.

#### *Выводы по второму разделу*

Таким образом, была разработана информационная модель системы хранения и отображения физиологических сигналов человека, также были спроектированы две модели базы данных: логическая и физическая.

При помощи UML-проектирования были описаны основные компоненты системы и их предназначение. В дальнейшем данные диаграммы будут использованы на этапе кодирования.

### 3 Программная реализация информационной системы хранения записей физиологических сигналов

#### 3.1 Реализация графического интерфейса пользователя

Одним из основных вопросов программной реализации является разработка пользовательского интерфейса.

Под графическим интерфейсом пользователя подразумевается тип экранного представления, при котором пользователь может выбрать команды, запускать задачи, просматривать в списке файлы и т.д.

Главная страница «РуФизБанк» представляет собой окно, разделенное на две части: шапка и тело, общий вид показан на рисунке 3.1.

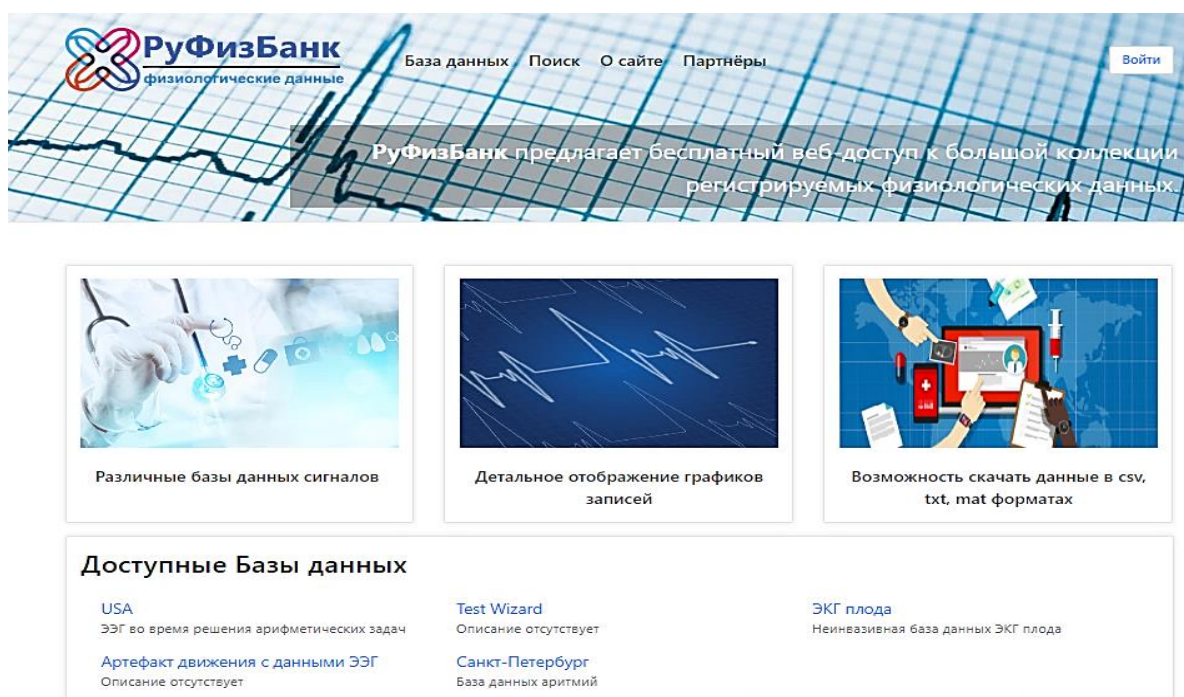


Рисунок 3.1 – Главная страница «РуФизБанк»

В шапке расположено название сайта с графическим изображением. Тело представляет собой центральную часть. В центральной части расположено навигационное меню и основное содержимое, вид навигационного меню показан на рисунке 3.2.



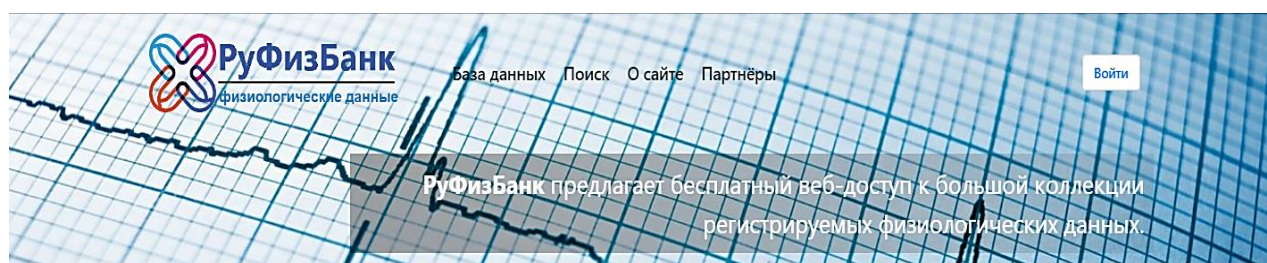


Рисунок 3.2 – Вид навигационного меню «RuFizBank»

При переходах между разделами или подборе параметров меняется содержимое адресной строки. При переходе в новое окно, при выборе из навигационного меню, будет открываться новая страница с её содержимым (База данных, Поиск, О сайте, Партнёры). С главной страницы мы можем перейти на такие разделы как: «База данных», «Поиск», «О сайте», «Партнёры».

Для быстрого поиска среди баз данных физиологических сигналов, необходимо нажать на кнопку «Поиск».

После чего откроется раздел в котором появится поисковая строка с подсказками о существующих базах, показано на рисунке 3.3.



## Поиск Баз Данных

Введите текст и нажмите Enter

Доступно для поиска: [Санкт-Петербург](#) [Артефакт движения с данными ЭЭГ](#) [ЭКГ плода](#) [Test Wizard](#) [USA](#)

### Доступные Базы данных

|   |  |   |
|---|--|---|
| <a href="#">Санкт-Петербург</a><br>База данных аритмий                  | <a href="#">ЭКГ плода</a><br>Неинвазивная база данных ЭКГ плода  | <a href="#">Test Wizard</a><br>Описание отсутствует |
| <a href="#">Артефакт движения с данными ЭЭГ</a><br>Описание отсутствует | <a href="#">USA</a><br>ЭЭГ во время решения арифметических задач |   |

Рисунок 3.3 – Общий вид поисковой строки



Для просмотра информации о ресурсе, необходимо нажать на кнопку «О сайте».

После нажатия которой будет выполнен автоматический переход на раздел «О сайте», в котором будет приведена краткая информация о деятельности данного ресурса, общий вид которого отображен на рисунке 3.4.

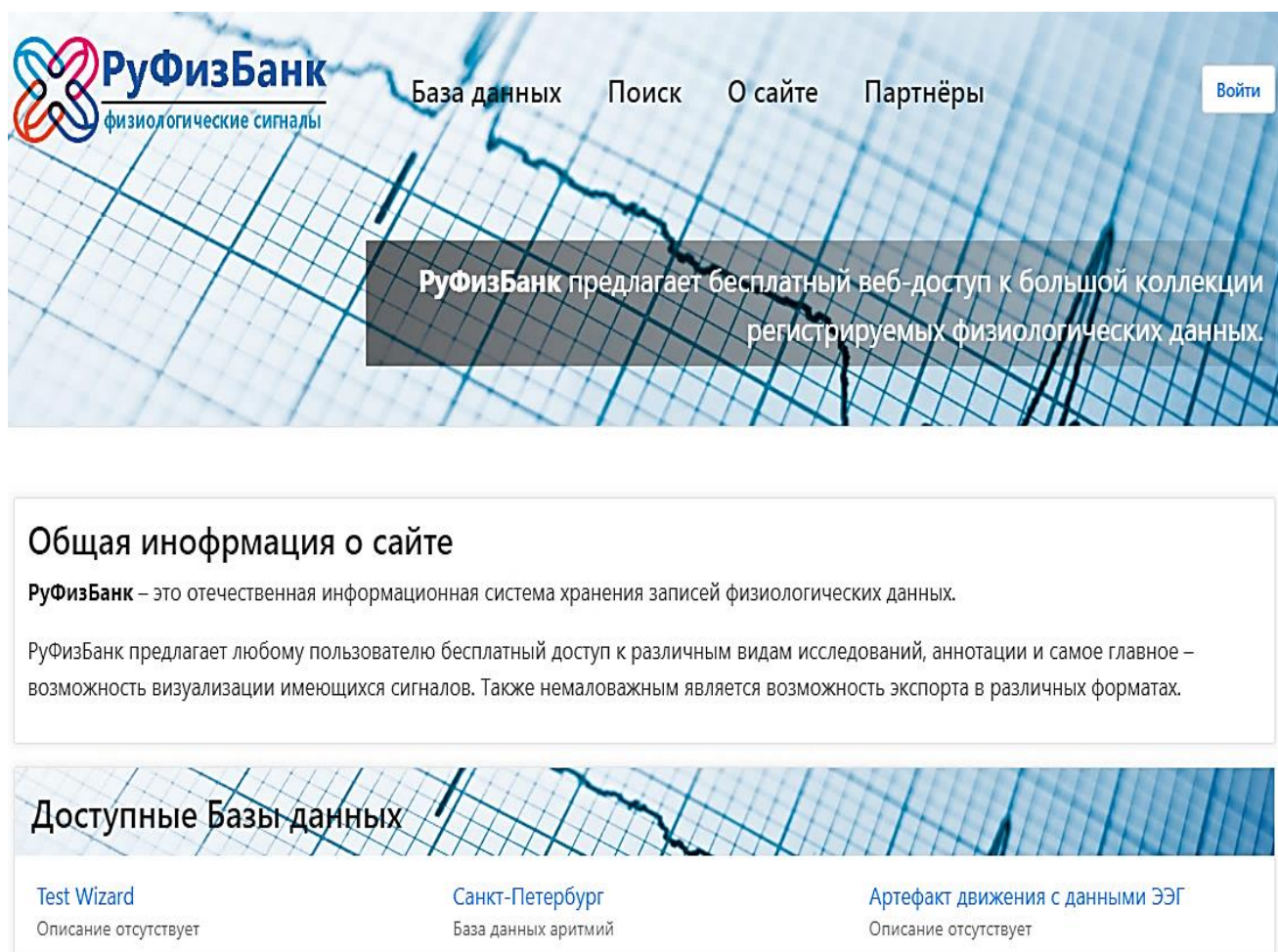
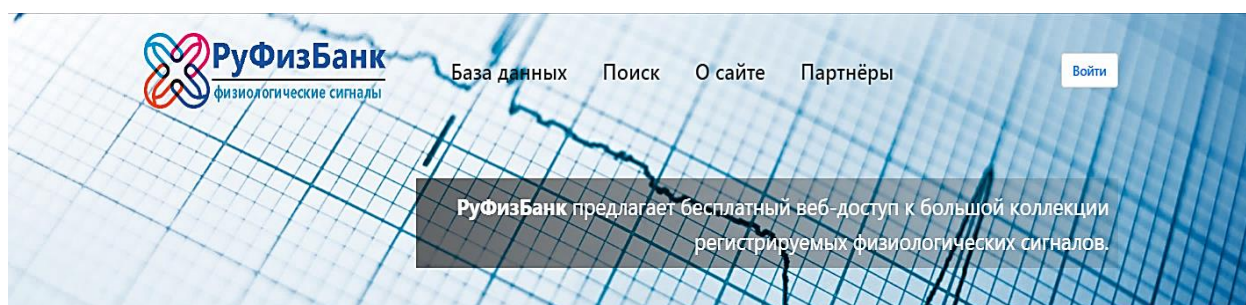


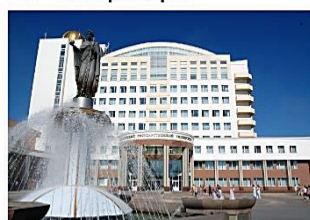
Рисунок 3.4 – Общий вид раздела «О сайте»

Немаловажным являются организации, без помощи которых создание и наполнение данной информационной системы было бы проблематичным.

Данные о вышеупомянутых организациях находятся в разделе «Партнёры», после нажатия на соответствующую кнопку будет выполнен переход в выбранный раздел, где будут располагаться горячие ссылки на официальные сайты партнёров, общий вид раздела «Партнёры» показан на рисунке 3.5.



### Наши партнёры



Белгородский государственный  
национальный исследовательский  
университет



PhysioNet большой и растущий архив  
эталонных цифровых записей  
физиологических сигналов

Рисунок 3.5 – Общий вид раздела «Партнёры»

Особое внимание стоит уделить разделу «База данных», именно в данном разделе можно выбрать соответствующую категорию, запись и сигнал.

Для перехода в данный раздел необходимо нажать на кнопку «База данных».

После выполнения чего, откроется раздел «База данных», общий вид которого показан на рисунке 3.6.

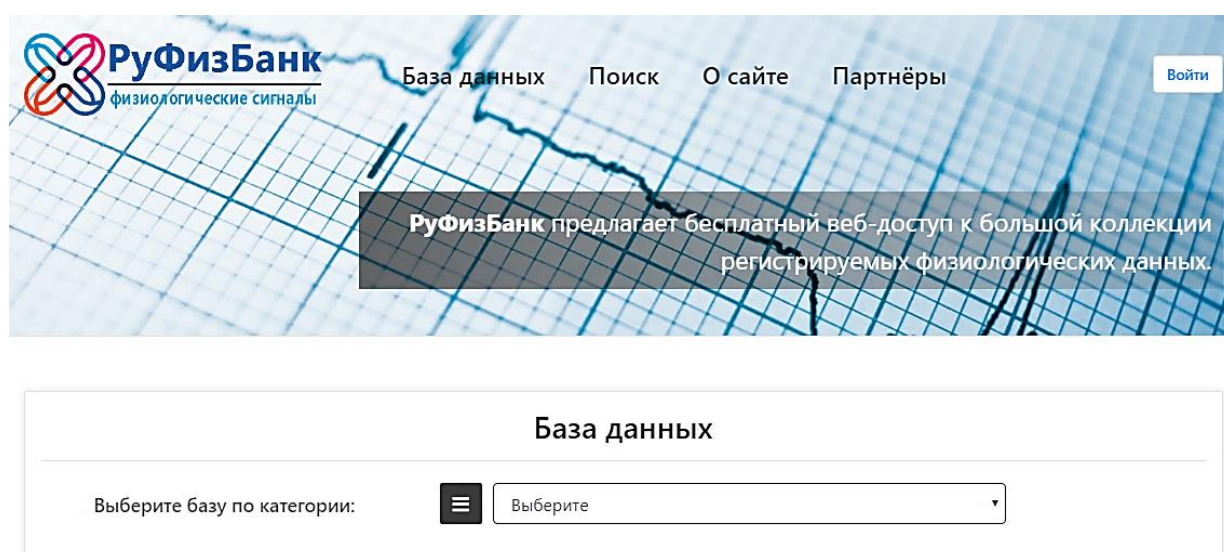


Рисунок 3.6 – Общий вид раздела «База данных»

Для вывода записи на экран, сперва нужно выбрать категорию из выпадающего списка, который показан на рисунке 3.7.

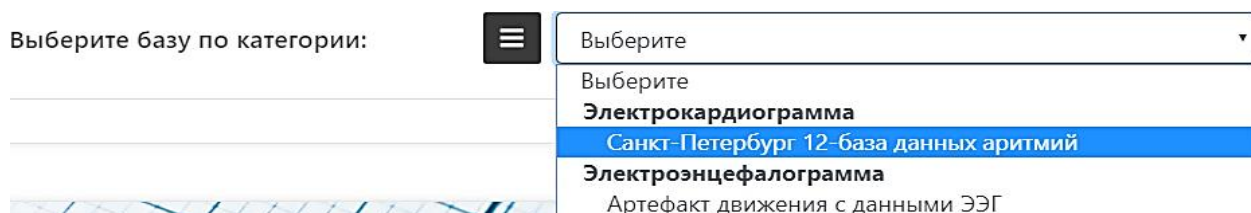


Рисунок 3.7 – Общий вид выпадающего списка категорий

После выбора категории, будет доступен выбор записи, которую также необходимо выбрать из выпадающего списка, действие отображено на рисунке 3.8.

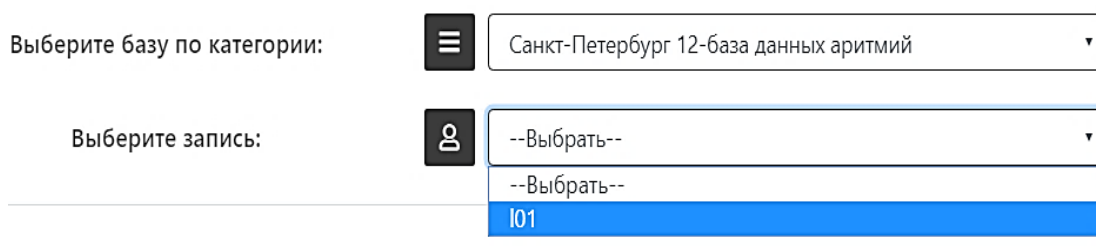


Рисунок 3.8 – Общий вид выпадающего списка записей

Далее будет доступен выбор сигнала среди множества отведений, рисунок 3.9.

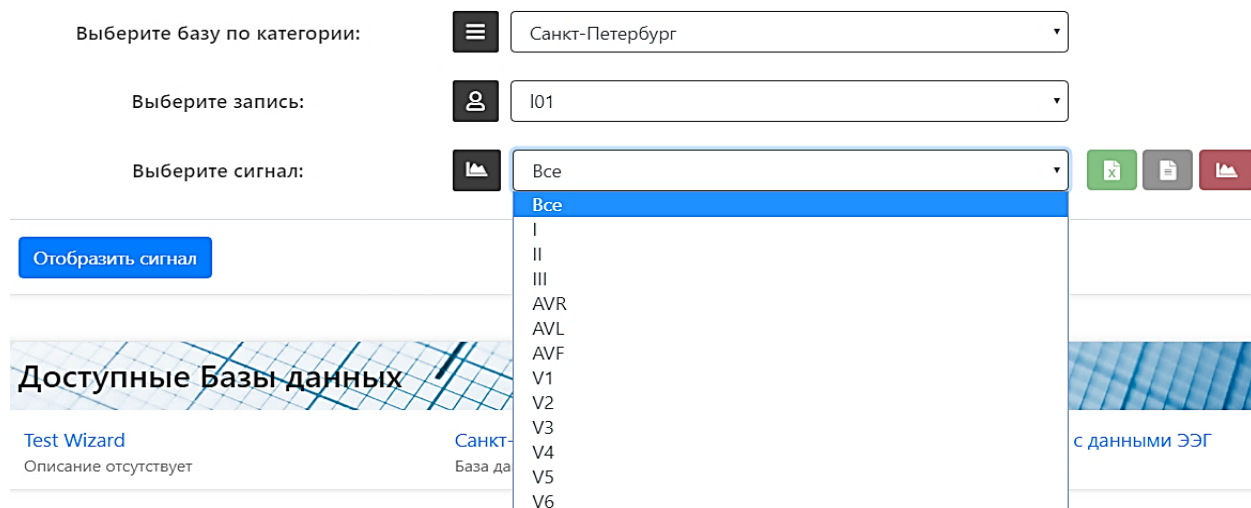


Рисунок 3.9 – Общий вид выпадающего списка записей

В выпадающем списке можно выбрать необходимый сигнал, или выбрать все сигналы. После чего будут активны кнопки для экспорта в различных форматах. Для скачивания в предоставленных форматах необходимо нажать на соответствующую иконку, данное действие показано на рисунке 3.10.

**База данных**

---

Выберите базу по категории: ☰ Санкт-Петербург ▼

Выберите запись: 👤 I01 ▼ X a

Выберите сигнал: 📊 Все ▼ X a 📄 📊

---

Отобразить сигнал

Рисунок 3.10 – Пример скачивания сигнала в формате xls

Как видно из рисунка 3.10, на данной страничке существует кнопка «Отобразить сигнал», именно после нажатия на которую выбранные сигнал(ы) будут визуализированы, для прокрутки необходимо нажать на клавиатуре «Shift» и прокрутить колёсиком мыши, результат показан на рисунке 3.11.

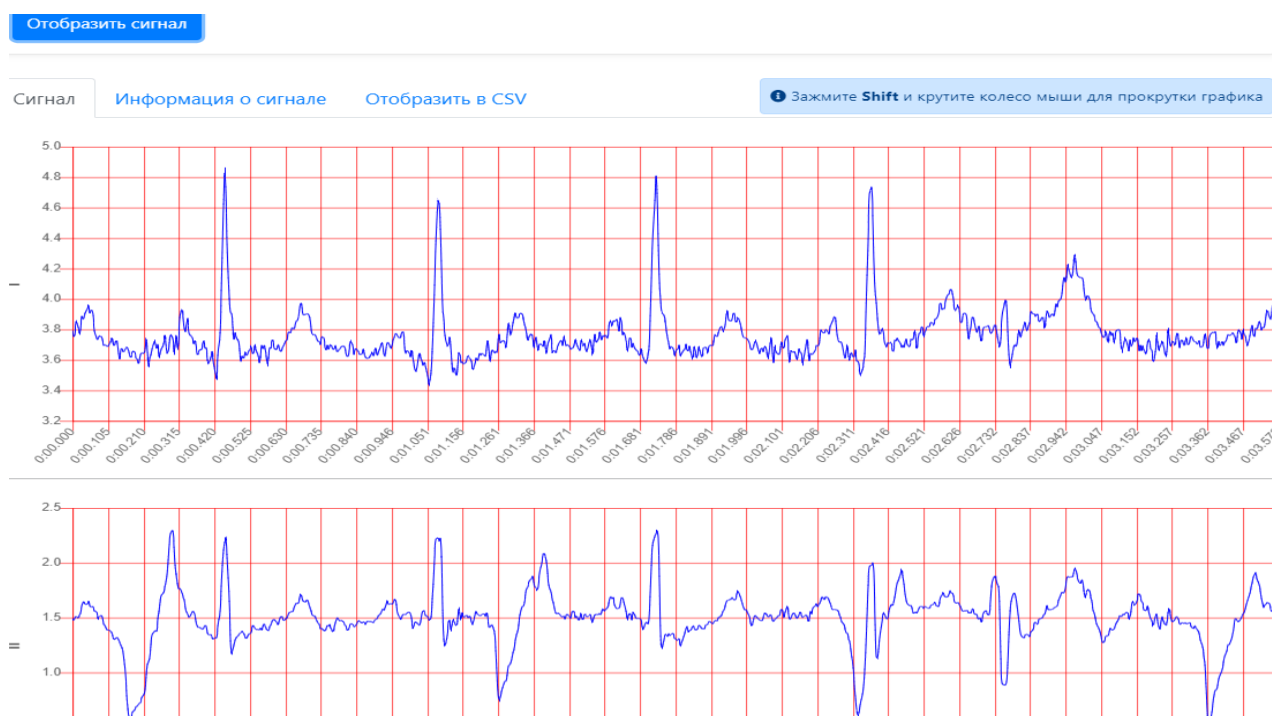


Рисунок 3.11 – Визуализация выбранных сигналов



Как видно из рисунка 3.11, сверху отображённых сигналов существует кнопка «Информация о сигнале», нажав на которую на экране появится аннотация к данной записи, показано на рисунке 3.12.

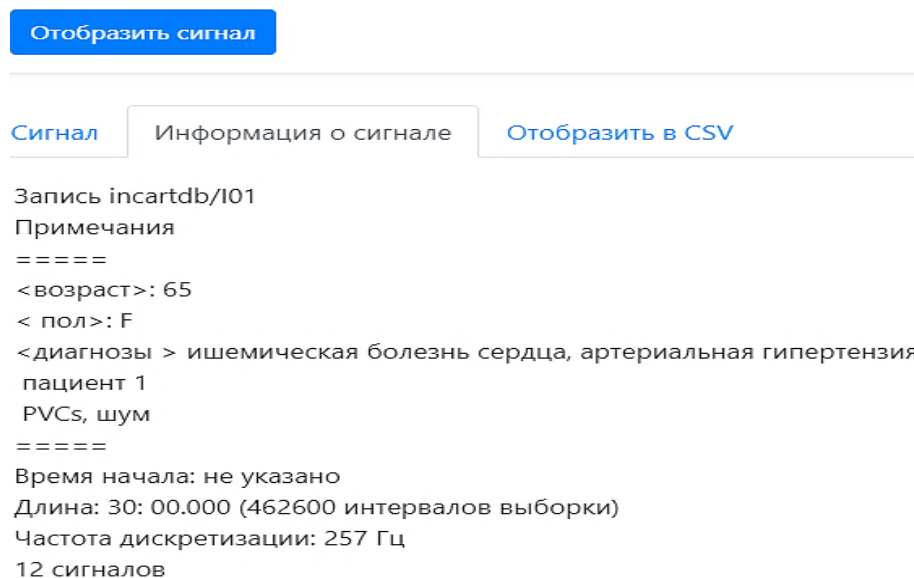


Рисунок 3.12 – Запись о пациенте

Справа от неё находится кнопка «Отобразить в CSV», нажав на которую данная запись отобразится в исходном формате, отображено на рисунке 3.13.

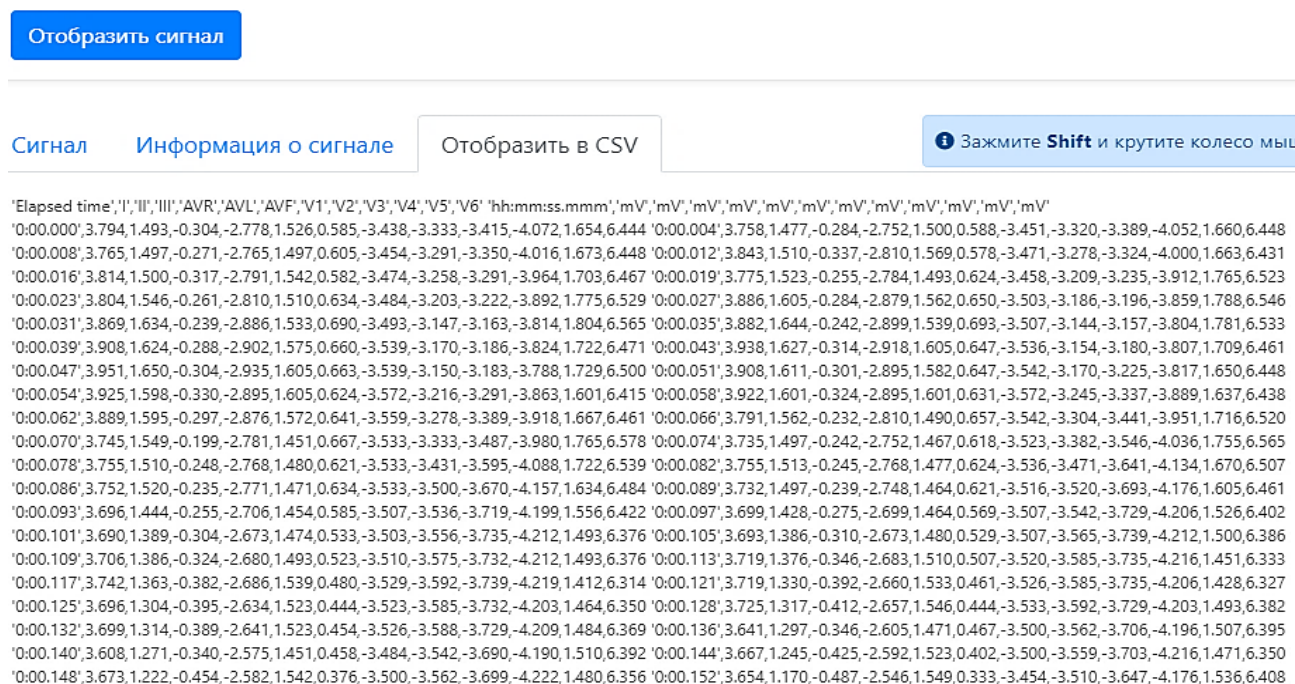


Рисунок 3.13 – Запись в исходном формате

### 3.2 Реализация графического интерфейса администратора

Немаловажным вопросом является разработка интерфейса для администратора, у которого будут права на редактирование записей, сигналов, баз данных и разделов.

Как видно из рисунка 3.1, в шапке главной страницы, существует кнопка авторизации «Войти», после нажатия на которую будет отображено окно авторизации для администратора, показано на рисунке 3.14.

The image shows the RuFizBank website interface. At the top, there is a header with the RuFizBank logo (a stylized 'X' in blue and red) and the text 'физиологические данные'. To the right of the logo are links: 'База данных', 'Поиск', 'О сайте', and 'Партнёры'. Further right is a 'Войти' (Login) button. Below the header, there is a large banner with the text: 'RuFizBank предлагает бесплатный веб-доступ к большой коллекции регистрируемых физиологических данных.' Below the banner, there is a login form titled 'Вход' (Login). The form contains fields for 'Почта:' (Email) with the value 'admin@mail.ru' and 'Пароль:' (Password) with masked characters '.....'. There is a checkbox labeled 'запомнить' (Remember me) and a blue 'Войти' (Login) button. Below the login form, there is a section titled 'Доступные Базы данных' (Available Data Bases) with three links: 'Test Wizard', 'Санкт-Петербург', and 'Артефакт движения с данными ЭЭГ'.

Рисунок 3.14 – Окно авторизации администратора

После авторизации, пользователю предоставляется панель администрирования, в которой как уже было сказано предоставляются инструменты для редактирования, удаления и добавления, общий вид которой показан на рисунке 3.15.



The screenshot shows the top header of the RuFizBank website with a blue grid background. The header includes the logo, navigation links (Главная, База данных, О сайте, Партнеры), and user links (Admin|Выйти). Below the header is a secondary navigation bar with links: База сигналов, + Добавить в базу, and ≡ Категории Баз данных. The main content area is a light blue form titled 'База данных' and 'Имя пациента'. It contains a dropdown menu for 'База данных' (currently showing 'Выберите'), a text input for 'Имя пациента', a large text area for 'О пациенте', and a file upload section with a green 'x' icon, a 'Выберите файл' button, and the text 'Файл не выбран'. At the bottom of the form is a blue button labeled 'Внести в базу'.

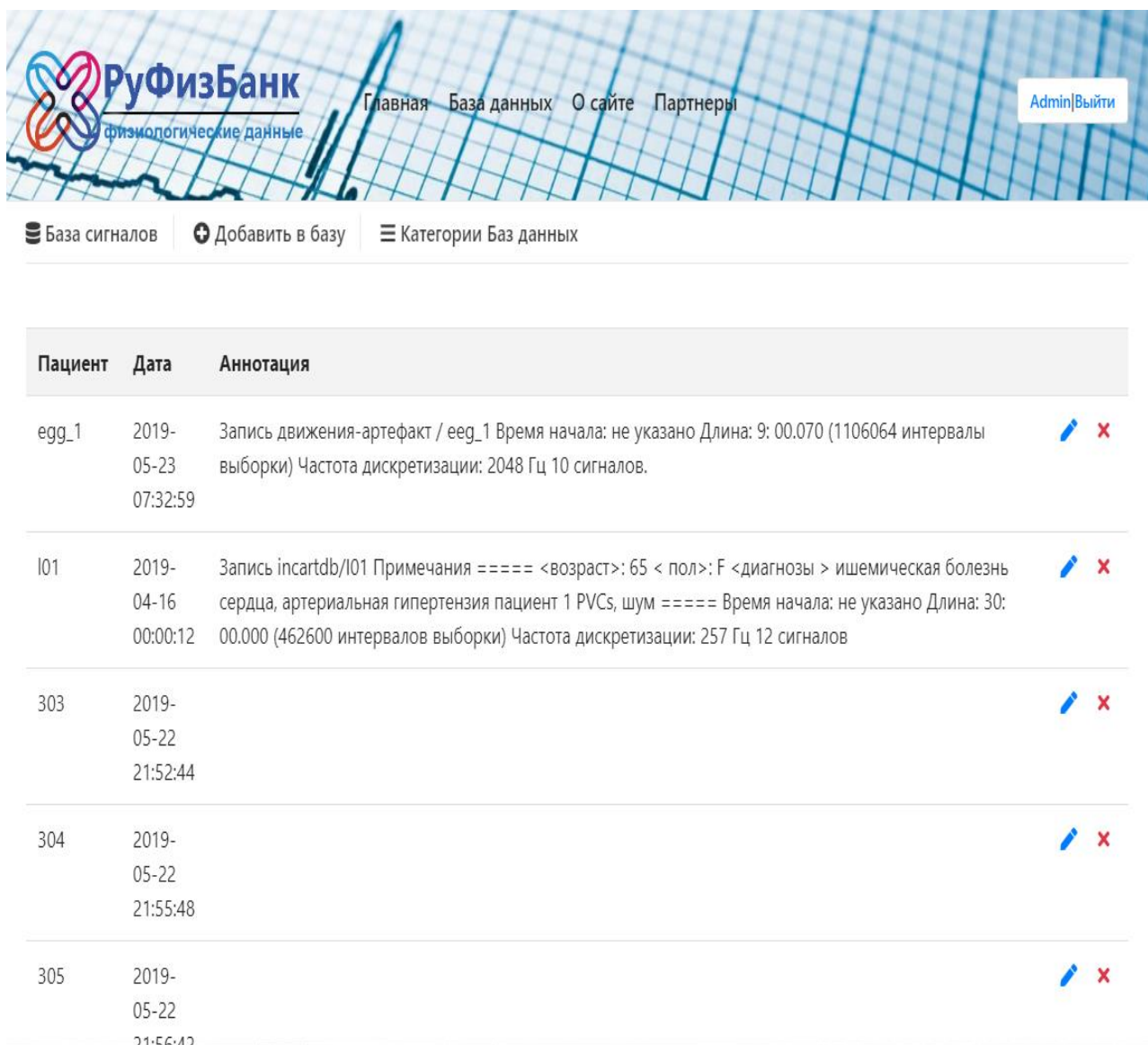
Рисунок 3.15 – Общий вид панели администрирования

Как видно из рисунка 3.15, после авторизации, у пользователя появились ранее недоступные инструменты. Для внесения новой записи, необходимо заполнить все поля и выбрать соответствующий файл, после заполнения которых нужно нажать на кнопку «Внести в базу», в случае отсутствия заполненных полей, ресурс выдаст ошибку, с просьбой заполнить те или иные поля, результат заполненных данных показан на рисунке 3.16.

This screenshot shows the same administration panel as Figure 3.15, but with the form fields filled out. The 'База данных' dropdown is set to 'Санкт-Петербург'. The 'Имя пациента' text input contains 'I01'. The 'О пациенте' text area contains the text: '< пол>: F' and '<диагнозы> ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия'. The file upload section now shows a green 'x' icon, a 'Выберите файл' button, and the filename 'Jv7aVHaWE...eORf.csv'. The blue 'Внести в базу' button remains at the bottom.

Рисунок 3.16 – Демонстрация заполненных полей

Как видно из рисунка 3.15, администратору также доступен раздел «База сигналов», нажав на соответствующую кнопку будет отображено окно, в котором содержится информация о уже внесенных ранее сигналах, показано на рисунке 3.17.



| Пациент | Дата                | Аннотация  |  |  |
|---------|---------------------|--|--|--|
| egg_1   | 2019-05-23 07:32:59 | Запись движения-артефакт / eeg_1 Время начала: не указано Длина: 9: 00.070 (1106064 интервалы выборки) Частота дискретизации: 2048 Гц 10 сигналов.   |  |  |
| I01     | 2019-04-16 00:00:12 | Запись incartdb/I01 Примечания ===== <возраст>: 65 <пол>: F <диагнозы> ишемическая болезнь сердца, артериальная гипертензия пациент 1 PVCs, шум ===== Время начала: не указано Длина: 30: 00.000 (462600 интервалов выборки) Частота дискретизации: 257 Гц 12 сигналов |  |  |
| 303     | 2019-05-22 21:52:44 |  |  |  |
| 304     | 2019-05-22 21:55:48 |  |  |  |
| 305     | 2019-05-22 21:56:42 |  |  |  |

Рисунок 3.17 – Демонстрация раздела «База сигналов»

Как видно из рисунка 3.17, в данном разделе существуют инструменты удаления (крестик) и изменения (карандаш) записей. Нажав на удаление, запись будет стёрта с базы данных, а нажав на карандаш, откроется окно внесения информации, показано на рисунке 3.16, в котором можно будет изменить ранее внесенную информацию или сигнал.

На рисунке 3.18 показана демонстрация экрана «Категории Баз данных».

The screenshot shows the 'Categories of Databases' section of the RuFizBank application. The header features the RuFizBank logo and navigation links: Главная, База данных, О сайте, and Партнеры. A user login button 'Admin|Выйти' is in the top right. The top menu includes 'База сигналов', 'Добавить в базу', and 'Категории Баз данных'. The main form for adding a new database category has the following fields:

- Категория:** A dropdown menu currently showing 'Электрокардиограмма'.
- Название:** A text input field.
- Описание:** A larger text input field.
- Добавить Базу данных:** A blue button to submit the new category.

On the right side, there is a list of existing databases under the heading 'Базы данных':

| База данных                     | Действия |
|---------------------------------|----------|
| Санкт-Петербург                 | ✎ ✕      |
| Артефакт движения с данными ЭЭГ | ✎ ✕      |
| Test Wizard                     | ✎ ✕      |
| USA                             | ✎ ✕      |
| ЭКГ плода                       | ✎ ✕      |

Рисунок 3.18 – Демонстрация раздела «Категории Баз данных»

Как видно из рисунка 3.15, в панели администрирования есть ещё одна кнопка – «Категории Баз данных», нажав на которую, откроется раздел внесения и изменения баз данных, показано на рисунке 3.18.

#### *Выводы по третьему разделу*

Таким образом, была разработана информационная модель системы хранения и отображения физиологических сигналов человека, также были спроектированы две модели базы данных: логическая и физическая.

При помощи UML-проектирования были описаны основные компоненты системы и их предназначение. В дальнейшем данные диаграммы будут использованы на этапе кодирования.

### 3.3 Оценка эффекта от внедрения информационной системы в процесс сбора и подготовки к обработке записей физиологических сигналов

В ходе анализа видов физиологических сигналов и способов их хранения была составлена SWOT-таблица 3.1.

Таблица 3.1 – SWOT-оценка эффекта от внедрения информационной системы

| <b>Сильные стороны</b>  | <b>Слабые стороны</b>  |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>– понятный русифицированный интерфейс;</li><li>– данные о большом количестве испытуемых за длительный период исследования;</li><li>– единый формат хранения различных данных.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>– отсутствие больших интегрированных банков данных;</li><li>– сложность оценки динамики состояния здоровья на основе локальных результатов исследований;</li><li>– недоступность результатов исследований испытуемых в связи с конфиденциальностью;</li><li>– отсутствие универсального формата хранения данных;</li><li>– отсутствие возможности контроля за динамикой изменений в организме.</li></ul> |
| <b>Возможности</b>  | <b>Угрозы</b>  |
| <ul style="list-style-type: none"><li>– визуализация сигналов в режиме онлайн;</li><li>– экспорт в различных форматах;</li><li>– свободный доступ к деперсонализированным записям физиологических сигналов.</li></ul>         | <ul style="list-style-type: none"><li>– неверная интерпретация результатов биомедицинских данных;</li><li>– постановка неверного диагноза.</li></ul>   |

Таким образом, количество слабых сторон и угроз в процессе сбора и подготовки к хранению физиологических сигналов без использования информационной системы больше чем количество сильных сторон и возможностей при внедрении ИС.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были получены следующие результаты:

- выполнен анализ природы основных физиологических сигналов, а также существующих систем хранения записей данных об этих сигналах, который позволил выявить необходимые сведения об испытуемом для дальнейшей обработки без их персонификации: сведения о регионе проживания испытуемого, возрасте, поле, поставленном диагнозе, а также определить единый формат хранения данных физиологических сигналов;
- произведён анализ методологий проектирования ИС, который позволил выбрать методологии для создания всех необходимых моделей системы;
- создана концептуальная модель ИС хранения большого набора записей физиологических данных и возможностью экспорта в различных форматах с применением методологий IDEF0, IDEF3, DFD;
- создана логическая и физическая модели базы данных информационной системы с использованием MySQL, что позволяет хранить различные сигнал, в едином формате и информацию о нём (дата, метод снятия, возраст, пол, диагноз, проживание пациента);
- разработана модульная структура системы с использованием языка графического описания UML, с помощью которой стало возможно программно реализовать систему;
- разработан интуитивно понятный русифицированный графический интерфейс пользователя и администратора системы хранения физиологических данных в виде WEB-страницы с возможностью визуализации имеющихся сигналов в режиме онлайн.

Разработанная информационная система хранения записей физиологических данных обладает необходимыми качествами для комфортного использования, а именно: быстрота и свободный доступ к записи физиологических сигналов, интуитивно понятный графический интерфейс,

простота в использовании фильтров и других инструментов системы, большим перечнем физиологических исследований, возможностью экспорта в различных форматах и визуализацией имеющихся сигналов в режиме онлайн, универсальностью системы, что обеспечивает возможность добавления любых физиологических исследований.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ершов, Ю.А. Основы анализа биотехнических систем. Теоретические основы БТС: Учебное пособие / Ю.А. Ершов, С.И. Щукин. - М.: МГТУ им. Баумана, 2011. - 526 с.
2. Сирота, А.А. Анализ и компьютерное моделирование информационных процессов и систем / Э.К. Алгазинов, А.А. Сирота; Под общ. ред. проф. д.т.н. Э.К. Алгазинов. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2009. – 416 с.
3. Даньков, В.В. Моделирование процессов и систем: Учебное пособие / В.В. Даньков, М.М. Скрипниченко, С.Ф. Логинова и др. – СПб.: Лань, 2015. – 288 с.
4. Арлоу, Д. UML 2 и Унифицированный процесс: практический объектно-ориентированный анализ и проектирование / Д. Арлоу, А. Нейштадт. - М.: Символ, 2015. - 624 с.
5. Лукин, В. Н. Введение в проектирование баз данных / В. Н. Лукин. – М.: Вузовская книга, 2015. – 144 с.
6. Дуданов И. П., Гусев А. В., Романов Ф. А., Воронин А. В. Медицинские информационные системы - Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2005 - 404с.
7. Абросимова, М. А. Информационные технологии в государственном и муниципальном управлении: Учебное пособие / М.А. Абросимова. – М.: КноРУС, 2013. – 248 с.
8. Веллинг, Л. Разработка Web-приложений с помощью PHP и MySQL / Л. Веллинг, Л. Томсон. - М.: Вильямс, 2013. - 848 с.
9. Заяц, А.М. Проектирование и разработка WEB-приложений. Введение в frontend и backend разработку на JavaScript и node.js: Учебное пособие / А.М. Заяц, Н.П. Васильев. - СПб.: Лань, 2019. - 120 с.
10. Лукин, В. Н. Введение в проектирование баз данных / В. Н. Лукин. – М.: Вузовская книга, 2015. – 144 с.

11. Мандел Т. Разработка пользовательского интерфейса = The Elements of User Interface Design [Текст] ; учеб.пособие / Т. Мандел ; пер. с англ. – М. : «ДМК Пресс». – 416 с.: ил. (Серия «Для программистов»).
12. Назаренко, Г.И., Гулиев Я.И., Ермаков Д.Е. Медицинские информационные системы. Теория и практика. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 302 с.
13. Хоменко А. Д. Базы данных: Учебник для высших учебных заведений [Текст] : учеб.пособие / А. Д. Хоменко, В. М. Цыганков, Мальцев М. Г. ; под ред. А. Д. Хоменко. – 6-е изд. доп. – СПб. : «КОРОНА-Век», 2009. – 736 с.
14. Маторин С. И. Информационные системы: Учебно-практическое пособие / С.И. Маторин, О.А. Зимовец– Белгород: Изд-во НИУ БелГУ, 2012. – 231 с.
15. Кузиков Б. О. Базы данных и информационные системы: Учебно-практическое пособие / Б.О. Кузиков – Сумы: Изд-во СумГУ, 2014. – 198 с.
16. Жданов С. А. Информационные системы: Учебно-практическое пособие / С. А. Жданов – Новочеркасск: Прометей, 2015. – 430 с.
17. Люсов В. А. ЭКГ: Учебно-практическое пособие / В. А. Люсов – Москва: ГЕОТАР, 2011. – 250 с.
18. Ганс-Хольгер Эберт. Простой анализ ЭКГ: Учебно-практическое пособие / Ганс-Хольгер Эберт – Вильнюс: Логосфера, 2010. – 333 с.
19. Горячев С.Ф. ЭКГ на догоспитальном этапе: Учебно-практическое пособие / С.Ф. Горячев – Варна: Люкс, 2016. – 181 с.
20. Зудбинов Ю.И. Азбука ЭКГ: Учебно-практическое пособие / Ю.И. Зудбинов – Курск: Черноземье, 2017. – 196 с.
21. Беляева М.А. Моделирование систем: Учебно-практическое пособие / Т.М. Домницкая – Старобельск: Издательский дом, 2018. – 349 с.
22. Червенчук И.В. Моделирование информационных систем с помощью uml: Учебно-практическое пособие / И.В. Червенчук – Омск: Урал, 2014. – 265 с.

23. Шаврин С.М. Моделирование и проектирование информационных систем: Учебно-практическое пособие / С.М. Шаврин – Пермь: Век, 2007. – 364 с.
24. Щеклеин В.С. Моделирование информационных систем: Учебно-практическое пособие / В.С. Щеклеин – Ульяновск: Корона, 2002. – 311 с.
25. Файнзильберг Л.С. Исследование диагностической ценности фазовых портретов ЭКГ по данным специализированных баз: Учебно-практическое пособие / Л.С. Файнзильберг – Киев: Просвита, 2015. – 198 с.
26. Халфен Э.Ш. Клиническое значение исследования скоростных показателей зубца Т ЭКГ: Учебно-практическое пособие / Э.Ш. Халфен – Киев: Просвита, 2013. – 311 с.
27. Ахметин А.М. Анализ variability ритмов на основе метода рекуррентного анализа: Учебно-практическое пособие / А.М. Ахметин – Киев: Просвита, 2017. – 256 с.
28. Файнзильберг Л.С. эффективная информационная технология обработки ЭКГ в задаче скрининга ишемической болезни сердца: Учебно-практическое пособие / Л.С. Файнзильберг – Харьков: ФАЗАГРАФ, 2012. – 431 с.

Выпускная квалификационная работа выполнена мной совершенно самостоятельно. Все использованные в работе материалы и концепции из опубликованной научной литературы и других источников имеют ссылки на них.

«    » \_\_\_\_\_ Г.

\_\_\_\_\_  
(подпись)